DIE NATURWISSENSCHAFTEN

Dreizehnter Jahrgang | 2. Januar 1925 | Heft 1

Über einige Fragen der Kaltreckung und Verfestigung bei Metallen.

Von G. Masing, Berlin.

1. Einleitung.

In einem vor drei Jahren in dieser Zeitschrift veröffentlichten Aufsatz hat der Verfasser das Problem der Kaltreckung und Verfestigung der Metalle als das zentrale Problem der heutigen Metallkunde bezeichnet. Inzwischen rückte es mehr und mehr in den Mittelpunkt des Interesses und hat in der letzten Zeit eine wesentliche Klärung erfahren, besonders, seitdem in den letzten Jahren auch die exakte Wissenschaft sich immer mehr an seiner Bearbeitung beteiligte. In der letzten Tagung der Gesellschaft für Metallkunde (in Frankfurt a. M. am 21. bis 23. Juni 1924) ist diese fortschreitende Klärung besonders deutlich zutage getreten. Kaltreckung und Verfestigung bedeuten heute nicht mehr ein Bündel von Widersprüchen und ungelösten Problemen, sondern ein in der Entwickelung begriffenes Lehrgebäude. Es lohnt sich deshalb, über das bisher Erreichte an Hand einiger besonders wichtigen und heiß umstrittenen Fragen einen kurzen Überblick zu geben[1]).

2. Erhaltung des Raumgitters bei der Kaltreckung.

Die wichtigste prinzipielle Frage der Kaltreckung ist die der Erhaltung des Raumgitters. Die regulinischen Metalle sind bekanntlich krystallinisch. Wie sind die sehr erheblichen Formänderungen bei der Reckung (Drahtziehen, Walzen usw.) eines derartigen krystallinischen Aggregates möglich? Entweder wird die krystallinische Struktur durch das Fließen des Metalles in Verwirrung gebracht, oder aber die Krystallite besitzen *Vorrichtungen*, mit deren Hilfe sie ihr Raumgitter während der Reckung erhalten. Eine solche Vorrichtung ist die krystallinische Gleitung. Die Krystalle besitzen die Fähigkeit, sich längs bestimmter krystallographischer *Gleitebenen* in bestimmten Richtungen ohne Lösung des Zusammenhanges um endliche Strecken zu verschieben. Nachdem Ewing und Rosenhain diese von Reusch und Mügge entdeckte Erscheinung bei der Reckung der Metalle nachgewiesen hatten, hat Tammann sie als Grundlage der gesamten Kaltreckung aufgefaßt. Danach besteht zwischen dem Fließen eines amorphen und eines krystallinischen Körpers ein prinzipieller Unterschied. Die Bahnen der Moleküle des amorphen sind krummlinig, die des krystallinischen sind gebrochene Linien, die aus annähernd geradlinigen Strecken der einzelnen Gleitvorgänge bestehen. Die ganze amorphe Masse fließt gleichmäßig. Im Krystall vollziehen sich die Verschiebungen nur längs einzelner Gleitflächen, während die dazwischenliegende Masse sich ohne innere Formänderung als Ganzes bewegt.

Diese *Gleitungstheorie* der Kaltreckung fußte in erster Linie auf der Erkenntnis, daß die physikalischen und chemischen Eigenschaften der Metalle bei der Kaltreckung beinah unverändert bleiben.

Es ist nach wie vor derselbe Stoff, mit beinahe derselben Farbe[1]), Dichte, elektrischen Leitfähigkeit, beinahe demselben Energiegehalt, elektrochemischem Potential usw., wie vor dem Kaltrecken. Die Annahme einer weitgehenden stofflichen Änderung, die eine dem amorphen Zustand sich nähernde Verwirrung des Raumgitters bedeuten würde, erschien deshalb äußerst unwahrscheinlich. Man brauchte also nur die Existenz eines Mechanismus — der Gleitung — nachzuweisen, der bei der Kaltreckung das Raumgitter erhalten kann, und hierbei tatsächlich in Tätigkeit tritt, um in diesem die Trägerin der Kaltreckung zu erblicken. Da die Kaltreckung auch ohne Störung des Raumgitters möglich war, war sofort zu folgern, daß sie auch tatsächlich in dieser Weise erfolgen mußte.

Im Gegensatz hierzu beruht die Verlagerungstheorie von Czochralski in erster Linie offenbar auf technologischen Gesichtspunkten, wenn Czochralski ihr auch eine hiervon unabhängige Begründung zu geben versucht hat. Während die chemischen und physikalischen Eigenschaften der Metalle sich bei der Kaltreckung nur wenig ändern, sind die Änderungen der technologischen Eigenschaften (Elastizitätsgrenze, technische Zerreißfestigkeit, Härte, Dehnbarkeit), mit einem Wort, die *Verfestigung*, sehr erheblich und bedeutungsvoll. In den Augen des Technologen ist ein kaltgerecktes Metall ein ganz anderes *Material* als das ungereckte, während der Chemiker oder Physiker in beiden denselben *Stoff* sieht. Eine auf technologischen Gesichtspunkten fußende Theorie der Kaltreckung mußte deshalb die *Veränderung* des Metalles bei der plastischen Deformation betonen. Deshalb haben die physikalischen und chemischen Überlegungen von Tammann für Czochralski keine Überzeugungskraft. Für *ihn* ist die Annahme einer stofflichen Veränderung des Metalles bei der

[1]) Die hier dargelegte Auffassung ist im wesentlichen bereits in der Arbeit von Masing und Polanyi, Kaltreckung und Verfestigung, Ergebnisse der exakten Naturwissenschaften 1923, **2**, 177, niedergelegt. Dort findet man ausführliche Literaturangaben. Die auf der Frankfurter Tagung der Gesellschaft für Metallkunde vorgetragenen Arbeiten siehe Zeitschr. f. Metallkunde.

[1]) Bei Gold-Silber-Kupferlegierungen hat Tammann gewisse kleinere Änderungen der Farbe beim Kaltrecken nachgewiesen. Zeitschr. f. anorg. u. allg. Chemie **107**, S. 1.

Kaltreckung das Naheliegende. Dementsprechend schreibt er der Gleitung nur die Rolle einer bedeutungslosen Nebenerscheinung zu. Das Fließen des krystallinischen Metalles erfolgt nach seiner Auffassung ähnlich wie das eines amorphen Körpers, wobei das Raumgitter sehr weitgehend verwirrt *verlagert* wird. Für die Erklärung der technischen Verfestigung in allen ihren Erscheinungsformen eröffnet sich hiermit eine reiche Fülle von Möglichkeiten, während TAMMANNS Theorie zunächst nicht die gesamten Verfestigungserscheinungen zufriedenstellend erklären konnte.

Das wissenschaftliche Argument von CZOCHRALSKI für die Verlagerungstheorie besteht in der Störung der dislozierten Reflexion durch die Kaltreckung. Bei einer Oberflächenätzung treten auf jedem Krystallit eines nichtgereckten Metalles Ätzfiguren in einheitlicher Orientierung auf, die dazu führen, daß in bestimmten Richtungen Reflektionsmaxima auftreten. So hat CZOCHRALSKI gefunden, daß beim Ätzen des Aluminiums mit Flußsäure sich Würfelchen ausbilden. Dementsprechend hat man an einer zur Würfelfläche schräg liegenden Ebene im allgemeinen Falle 3 Reflexionsmaxima, und wenn man ihre Richtungen goniometrisch bestimmt, findet man, daß die 3 reflektierenden Ebenen untereinander Winkel von 90° bilden. Diese dislozierte Reflexion läßt beim Kaltrecken nach und verliert sich zuletzt ganz. Das Metall reflektiert dann diffus. Neuerdings hat CZOCHRALSKI die Beobachtung der dislozierten Reflexion durch Messung der Reflexionsrichtungen verfeinert und gezeigt, daß bei der Kaltreckung des Aluminiums die Winkel zwischen den Reflexionsmaxima sich zunächst bis um 30° verschieben. Diese Störung der Ätzbarkeit führt CZOCHRALSKI auf Störungen des Raumgitters zurück. Die Störungen der dislozierten Reflexion sind jedoch wohl auch ohne diese Annahme leicht erklärbar.

Eine definitive Entscheidung der Frage der Raumgitterstörung brachte das Röntgenexperiment im Zusammenhang mit neuen Arbeiten über Gleitung (siehe folgenden Abschnitt). Nach der DEBYE-SCHERRER-Methode wurde in kaltgereckten Metallen dasselbe Raumgitter wie in den ungereckten ohne jede nachweisbare Änderung festgestellt. Damit war der Verlagerungstheorie in ihrer ursprünglichen Form der Boden entzogen. Wollte man allerdings eine Verlagerung dennoch annehmen, so konnte man natürlich nach Gesichtspunkten suchen, die die Überzeugungskraft der Strukturuntersuchung durch den Röntgenversuch als gering erscheinen ließen. Das hat CZOCHRALSKI getan, indem er z. B. darauf hinwies, daß der Debye-Scherrer-Versuch nur den geringen nicht verlagert gebliebenen Teil der Metallmasse anzeigt, nicht aber den verlagerten größten Teil. Diese Überlegung ist physikalisch recht unwahrscheinlich. Auch die umfangreichen Versuche von CZOCHRALSKI, mit Hilfe der LAUE-Methode die Verwirrung des Raumgitters nachzuweisen, sind nicht überzeugend. CZOCHRALSKI hat die Änderungen des LAUE-Bildes verfolgt, die es bei der fortschreitenden Kaltreckung von Metallkrystallen erleidet. Hierbei entwickelt sich nach und nach der bekannte Asterismus, d. h. an Stelle der einzelnen Punkte des ursprünglichen LAUE-Bildes eine charakteristische Sternfigur. Man weiß jedoch schon lange, daß diese Sternfigur durch eine gewisse Lagenmannigfaltigkeit (bevorzugte Orientierung) der ungestörten Raumgitterelemente erklärt werden kann. Auch hat GROSS die allmähliche Entwickelung der asteristischen Figur stufenweise verfolgt und durch Rechnung gezeigt, daß sie durch Drehungen oder Biegungen eines normalen Raumgitters erklärt werden kann. Die röntgenometrischen Versuche von CZOCHRALSKI bringen also keine Argumente für die Verlagerung des Raumgitters und für eine skeptische Betrachtung der Debye-Scherrer-Methode. Gleichwohl würde man den Röntgenversuch vielleicht nicht als ganz überzeugend betrachtet haben, wenn er nicht inzwischen auf ganz unabhängigem Wege durch Untersuchung der Gleitung entscheidend bestätigt worden wäre.

3. Die Gleitung als Trägerin der plastischen Deformation.

Solange die Gleitungstheorie der Kaltreckung sich nur auf den qualitativen Nachweis der Gleitung stützen konnte, war sie den von CZOCHRALSKI erhobenen Einwänden ausgesetzt. Zu einer ausreichenden experimentellen Begründung mußte die Gleitung im Zusammenhang mit der Kaltreckung quantitativ verfolgt werden. Diese Untersuchung ist inzwischen an Versuchsstücken, die aus einem Krystall bestehen, in erster Linie von POLANYI und seinen Mitarbeitern und von TAYLOR and ELAM, ausgeführt worden. POLANYI hat den Vorgang der plastischen Zugdeformation an Drähten aus Zink, Cadmium, Wismut und Zinneinkrystallen studiert. Alle diese Metalle haben das Gemeinsame, daß sie *nicht* im regulären System krystallisieren. Aus diesem Grunde weisen sie (bis auf das Zinn) *eine* bevorzugte krystallographische Gleitebene auf, während die regulären Metalle immer mehrere gleichwertige Gleitebenenlagen besitzen. Es konnte deshalb erwartet werden, daß der Vorgang der plastischen Dehnung bei den regulären Krystallen komplizierter und unübersichtlicher sein würde, und die Metalle mit einer bevorzugten Gleitebene boten ein besonders günstiges Untersuchungsobjekt. Die einkrystallenen Metalle erleiden bei der plastischen Dehnung sehr merkwürdige Formänderungen, es entstehen z. B. aus runden Drähten abgeflachte Bänder usw. POLANYI konnte durch röntgenometrische und krystallographische Orientierungsmessung der Drähte nach verschiedenen Dehnungsgraden nachweisen, daß die gesamten beobachteten Formänderungen auf die Gleitung längs *einer* Gleitebene und in *einer* krystallographischen Richtung, die sich in bezug zur Drahtachse während der Dehnung drehten, zurück-

geführt werden können[1]). Hierbei tritt eine Drehung der Gleitebene zur Drahtachse als Folge davon auf, daß die Richtung der Gleitung mit der Drahtachse nicht übereinstimmt. Das ist durch Fig. 1 verdeutlicht. Da die Achse sich automatisch in die Richtung der äußeren Kraft einstellt, wird auch der Winkel zwischen den Gleitebenen und der Kraftrichtung geringer.

Obgleich an der allgemeinen und prinzipiellen Bedeutung der Resultate von POLANYI nicht zu zweifeln war, bestand doch insofern eine Lücke, als die plastische Dehnung eines regulären Metalles noch nicht untersucht worden war. Diese Lücke wurde beinahe gleichzeitig durch eine Arbeit von

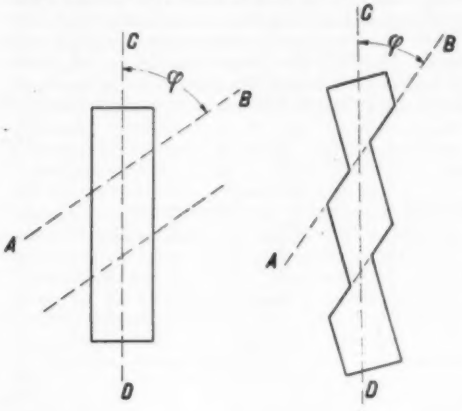

Fig. 1. a) Vor der Gleitung, b) Nach der Gleitung. *AB* Gleitrichtung, *CD* Richtung der Drahtachse, Winkel zwischen beiden.

TAYLOR und ELAM über die plastische Dehnung des Aluminiums ausgefüllt. TAYLOR und ELAM stellten einen quadratischen Zerreißstab aus reinem Aluminium dar und untersuchten seine Formänderung während der plastischen Dehnung. Hierbei dehnt sich der Stab nicht nur, sondern sein Querschnitt verändert seine Form (er wird rhombisch) und die Winkel der auf den Seitenflächen markierten Geraden zur Stabachse ändern sich gleichfalls. Lediglich aus diesen Messungen konnte geometrisch berechnet werden, daß die beobachtete Formänderung zustande kommt, wenn die Gleitung längs einer und in den fortgeschrittenen Stadien der Dehnung längs zwei Gleitebenen in den krystallographischen Richtungen erfolgt. Gleichzeitig findet, ähnlich wie von POLANYI nachgewiesen, eine Drehung der Gleitebene statt.

Für den Elementarfall der axialen Beanspruchung eines freien Krystalles war hiermit nachgewiesen, daß die gesamte Formänderung restlos nach den Gesetzen der krystallographischen Gleitung erfolgt. Für die Annahme ungeordneter Fließbewegungen im Metall blieb hierbei keine Möglichkeit übrig, trotzdem das Material bei der Dehnung eine erhebliche Verfestigung erfuhr. Jedoch konnte dieses Resultat nicht unverändert auf die polykrystallinen Metalle übertragen werden, weil bei diesen die einzelnen Krystalle durch ihre Nachbarn in ihrer Lage und Form zwangsläufig mitbestimmt sind und die Gleitung sich hierbei nicht so frei wie bei einem einzelnen Krystall auswirken kann. In den Fällen der technologischen Kaltreckung (z. B. Walzen) ist auch die äußere Gestalt des Gesamtstückes durch die Formgebung vorgeschrieben, so daß die Dehnung auch bei einem einzelnen Krystall sich nicht frei entwickeln kann. Hierauf kommen wir in einem anderen Zusammenhang im nächsten Abschnitt zurück.

Es läßt sich jedoch auch für alle diese Fälle ganz allgemein zeigen, daß die krystallographische Gleitung der Hauptmechanismus ist, der das Fließen der Krystalle bei der plastischen Deformation bewirkt. Wir haben oben bereits erwähnt, daß die stark kaltgereckten Metalle charakteristische Röntgenbilder geben, die darauf schließen lassen, daß die Krystallite oder richtiger Raumgitterelemente in ihnen eine oder mehrere ausgesprochen bevorzugte Orientierungen zeigen. Zum Beispiel sind bei einem Metall mit flächenzentriertem regulärem Gitter (Kupfer, Aluminium) in einem hartgezogenen Draht die meisten Krystallite so angeordnet, daß ihre trigonale Oktaederachse in der Richtung der Drahtachse liegt. Bei einer zweiten kleineren Gruppe hat eine Würfelkante diese Lage, während andere Orientierungen um so weniger vorkommen, je mehr sie von den beiden beschriebenen abweichen. Es gelingt nun nachzuweisen, daß diese bevorzugten Orientierungen, mit sinngemäßen Änderungen, mit denen übereinstimmen, die sich erwarten lassen, wenn man annimmt, daß jeder einzelne Krystallit des polykrystallinen Metalles die Gleitungen in ähnlicher Weise, mit derselben Begleiterscheinung der Drehung ausführt, als wenn er allein beansprucht würde. Das heißt aber, daß die inneren Fließvorgänge in beiden Fällen in der Hauptsache übereinstimmend sind, daß die Metalle ganz allgemein und bis zu den stärksten Kaltreckungsgraden nur mit Hilfe der Gleitung fließen[1]).

Dann besteht aber auch keine Veranlassung, an den Ergebnissen der röntgenometrischen Gitter-

[1]) Hierbei ist von der Einschnürung beim Beginn der Dehnung abgesehen worden. Einige Metalle zeigen eine *Nachdehnung*, wobei sich eine andere Gleitebene betätigt als bei der Hauptdehnung.

[1]) Außer den Verschiebungen längs der Gleitflächen treten in den Metallen zweifellos auch andere „banale" Verschiebungen (CZOCHRALSKI) auf, die durch die Richtung der äußeren Kräfte bestimmt sind. Sie rufen vermutlich eine starke Lockerung des Zusammenhanges hervor, die vom Riß nicht weit entfernt ist. Ihre untergeordnete Bedeutung ergibt sich aus den obigen Erörterungen, so daß man CZOCHRALSKI nicht zustimmen kann, der in ihnen die Haupterscheinung sieht.

untersuchung zu zweifeln. Aus der Tatsache, daß das Fließen durch gesetzmäßiges Gleiten erfolgt, ergibt sich bereits, daß das Raumgitter intakt ist, denn nur ein intaktes Raumgitter kann nach unveränderten krystallographischen Gesetzen gleiten. Dasselbe sagt aber auch die Röntgenmethode aus; beide bestätigen sich auf das beste, und auf ihrer Grundlage entsteht die nunmehr geschlossene Gleitungstheorie der Kaltreckung.

Wir haben angedeutet, wie diese Theorie die Geometrie des Fließvorganges erklärt. Wir haben uns jedoch noch gar nicht mit der wichtigen Frage der mechanischen Verfestigung befaßt. Erst wenn gezeigt worden ist, daß die Gleitungstheorie auch diese zu erklären vermag, ist eine klare Auseinandersetzung mit der Verlagerungstheorie möglich.

Wir werden sehen, daß die Gleitungstheorie hierzu einer wichtigen Ergänzung bedarf.

4. Die Verfestigung.

Wir unterscheiden 2 Arten der Verfestigung: Die Reißverfestigung und die plastische Verfestigung. Die erstere ist wenig geklärt; wir lassen sie hier ganz außer Betracht. Die zweite besteht im wesentlichen darin, daß die plastischen Deformationen nach erfolgter Kaltreckung in der Regel eine höhere Kraft als vorher erfordern. Die plastische Deformation wird erschwert.

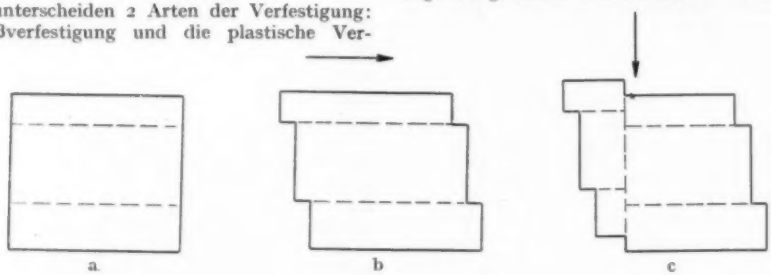

Fig. 2.

Wenn diese aber durch Gleitung erfolgt, so ist die plastische Verfestigung mit einer Erschwerung der Gleitung[1]) gleichbedeutend. Über diese hat die ursprüngliche Gleitungstheorie nichts ausgesagt, hierin besteht die wesentliche Ergänzung, deren sie bedarf.

Die Erschwerung der Gleitung kommt während der fortschreitenden Kaltreckung auf 3 Wegen zustande.

Erstens erfolgt die Gleitung überhaupt nicht ideal längs ebener, sondern längs schwach gewellter Flächen (Biegegleitung nach MÜGGE). Besonders stark müssen diese Biegungen sein, wenn die Gleitung sich einer äußerlich weitgehend vorgegebenen Form des Krystalliten anzupassen hat, wie das in allen polykrystallinen Gebilden der Fall ist. In diesem Falle ist die Gleitung von sehr erheblichen elastischen Krümmungen, Verzerrungen oder ***Knüllungen***, wie POLANYI diesen Vorgang bezeichnet hat, begleitet. Durch diese elastischen Knüllungen werden enorme elastische Kräfte entwickelt, die sich aus rein geometrischen Gründen nicht auswirken können, solange der Körperzusammenhang gewahrt bleibt. Offenbar kann eine Gleitung längs gekrümmter Gleitflächen nur viel schwerer erfolgen als längs ebener, insbesondere, wenn die gleitenden Teile im Zustand einer äußerst starken Verspannung sind. Die geometrisch notwendige mit dem Grade der Kaltreckung fortschreitende elastische ***Knüllung*** der Krystallite ist also *eine* Quelle der Verfestigung.

Zweitens stören sich zwei Gleitebenen gegenseitig, wenn sie sich gleichzeitig betätigen, wie das TAYLOR und ELAM beim Aluminium nachgewiesen haben, und wie das vermutlich bei stärkeren Reckungsgraden allgemein der Fall sein muß. Ein Teil des Krystalles Fig. 2a sei durch 2 Gleitebenen in der Richtung des Pfeiles in die Lage 2 b gebracht worden. Die Gleitflächen sind durch punktierte Linien angedeutet. Es ist eine Erfahrungstatsache, daß die Gleitung mit Vorliebe längs einer bereits in Tätigkeit getretenen Gleitebene erfolgt, während sich eine neue Gleitfläche nur schwer ausbildet. Wenn nun eine andere Gleitebene, etwa die in Fig. 2 c durch den Pfeil gekennzeichnete, in Tätigkeit tritt, werden dadurch, wie man auf Fig. 2 c sieht, die alten Gleitebenen gegeneinander verschoben und können nicht mehr ohne Entstehung neuer Gleitflächen in Tätigkeit treten. Wenn man berücksichtigt, daß bei einer gleichzeitigen Betätigung zweier Gleitflächensysteme derartige Behinderungen sich ununterbrochen folgen und ferner, daß jede ***Biegegleitung*** eine gewisse elastische Störung mit sich bringt, ersieht man, daß eine derartige wechselseitige Beeinflussung zweier Gleitflächensysteme die Gleitung nicht unwesentlich erschweren kann.

Drittens hat POLANYI gezeigt, daß, sobald eine Gleitfläche in Tätigkeit tritt, an dieser auch unabhängig von jeder nachweisbaren Knüllung eine Erschwerung der Gleitung, also eine Verfestigung, und zwar schon bei ganz geringen Dehnungsbeträgen auftritt. Die Ursache dieser Erscheinung ist nicht ganz aufgeklärt.

Die Gleitung ist also mit Nebenerscheinungen verknüpft, die sie mit fortschreitender Kaltreckung

[1]) LUDWIK hat sie als Blockierung der Gleitebenen bezeichnet.

immer mehr erschweren. Damit ist aber die Verfestigung erklärt, und die Gleitungstheorie leistet auch in dieser Richtung dasselbe wie die Verlagerungstheorie. Damit gelangt man also zu einer Ablehnung der Verlagerungstheorie in ihrer ursprünglichen Formulierung.

Hierbei ist jedoch zweierlei zu bemerken. Erstens sagt die Verlagerungstheorie über die *Natur* der Gitterstörung nichts Bestimmtes aus. Wenn man eine starke elastische Beanspruchung eines Raumgitters auch als Störung bezeichnen will, besteht in dieser Beziehung zwischen der Verlagerungstheorie und der Gleitungstheorie kein Widerspruch. Allerdings nimmt die Verlagerungstheorie heute sehr erhebliche Raumgitterstörungen an; diese müßten auf das Maß der elastisch möglichen zurückgeführt werden.

Zweitens muß der Betrag der durch die Knüllung entwickelten, mikroskopisch verteilten *verborgenen* Spannungen sehr erheblich sein. Nach gewissen Schätzungen ist eine wahrscheinliche Größenordnung die zehnfache bis hundertfache Zerreißfestigkeit[1]). Hierbei ist zu beachten, daß die Bornschen Attraktionskräfte des Raumgitters eine bis um das Tausendfache höhere Last, als die makroskopische Zerreißfestigkeit, zu halten vermögen, so daß man in mikroskopischen oder submikroskopischen Gebieten Spannungen annehmen kann, die die technische Zerreißfestigkeit um 1—2 Zehnerpotenzen übersteigen. Die verborgenen Spannungen bedeuten aber eine Anhäufung der potentiellen Spannungsenergie, die im thermodynamischen Sinne der freien Energie des Körpers hinzuzuzählen ist. Diese Erhöhung der freien Energie ergibt z. B. die an kaltgereckten Metallen tatsächlich beobachtete Verschiebung des elektromotorischen Potentiales, und damit eine kleine Veränderung der chemischen Eigenschaften. Das sind aber zweifellos stoffliche Änderungen, wenn auch nur eines sehr geringen Betrages.

Man kann also sagen: Die Verlagerungstheorie hat ganz recht, wenn sie bei der Kaltreckung stoffliche Änderungen der Metalle annimmt. Da die Anhäufung der Spannungen mit der Verfestigung Hand in Hand geht, können diese stofflichen Veränderungen als für die Verfestigung unentbehrlich bezeichnet werden. Die Verlagerungstheorie hat jedoch die für die Verfestigung erforderlichen stofflichen Änderungen viel zu hoch eingeschätzt. In Wirklichkeit genügen hierzu bereits die geringen elastischen Raumgitterveränderungen, die bei der Biegegleitung auftreten. Das thermodynamische Äquivalent der Verfestigung ist minimal.

[1]) MASING und POLANYI, l. c.

5. Zusammenfassung.

Wenn wir das Gesamte überblicken, sehen wir, daß wir heute eine befriedigende theoretische Vorstellung des Kaltreckungsvorganges geben können, die in sich Elemente sowohl der älteren Gleitungstheorie, als auch der Verlagerungstheorie enthält. Damit ist nicht gesagt, daß die Probleme, die mit der Kaltreckung zusammenhängen, erledigt sind. Im Gegenteil, jetzt, nach einer vorläufig gewonnenen Übersicht, treten neue Probleme mit einer Deutlichkeit und Präzision auf, die ihre Bearbeitung aussichtsvoll erscheinen lassen. Einige sollen hier genannt werden. Das Rätsel der Zerreißfestigkeit in ihrem Widerspruch zu den Bornschen Kohäsionskräften und in ihrer Abhängigkeit von der Kaltreckung wird bereits bearbeitet. Der Vorgang der krystallographischen Gleitung, mit dem wir die Kaltreckung erklärt haben, tritt uns in seiner vollen Rätselhaftigkeit entgegen. Wir haben heute kaum die oberflächlichste Vorstellung, wie dieser Vorgang zustande kommt. Die Verteilung und die Beschaffenheit der mikroskopischen verborgenen Spannungen in ihren Beziehungen zu den bei der Kaltreckung nachweislich auftretenden makroskopischen Eigenspannungen ist aufzuklären. An das Problem der Verfestigung fügt sich das der Entfestigung, sei es durch Spannungsausgleich, sei es durch Neubildung des Gefüges, und damit das der Rekrystallisation. Auf Grund der gewonnenen präziseren Bilder der Kaltreckung müssen die Fragen der hierbei auftretenden Änderung der elektrischen Leitfähigkeit und ihres Temperaturkoeffizienten, der Thermokraft und der magnetischen Eigenschaften untersucht werden.

Chironomiden und Seetypenlehre[1]).

Von FR. LENZ, Plön (Holstein).

Seitdem zuerst im Jahre 1909 THIENEMANN zur Charakterisierung von Seen ihre Tiefenfauna herangezogen hat, ist die Seetypenlehre, eines der wichtigsten Ergebnisse limnologischer Forschung, in erheblichem Maße weiter fortgeschritten. THIENEMANN und NAUMANN gelangten, von verschiedenen Gesichtspunkten ausgehend, zu übereinstimmenden Resultaten. Das von beiden Forschern geschaffene System der Seen in seinem jetzigen Ausbau ist gekennzeichnet durch die Grundbegriffe *Eutrophie* und *Oligotrophie*, Nährstoffreichtum und Nährstoffarmut. THIENEMANN stellt den eutrophen und oligotrophen Seen, die er als Klarwasserseen zusammenfaßt, einen dritten Seetypus, den *dystrophen* oder humushaltigen, den Braunwassersee, gegenüber, den NAUMANN seinen oligotrophen Gewässern unterordnet. Während NAUMANN seine Einteilung

[1]) Das Heft *Aus den Forschungen der Kaiser Wilhelm-Gesellschaft zur Förderung der Wissenschaften* (1924, Heft 50) konnte aus Mangel an Raum nicht alle dafür bestimmten Aufsätze veröffentlichen, so den Aufsatz von Fr. Lenz wie auch den in Heft 49, 1924 erschienenen Aufsatz von Franz Wever, Zur Physik des technischen Eisens. Die Schriftleitung.

auf den Gehalt des Seewassers an gelösten Stoffen, gekennzeichnet durch den Begriff *Milieuspektrum*, gründet, ist für THIENEMANN die Besiedlung der Seetiefe, insbesondere durch Chironomidenlarven, Ausgangspunkt gewesen. Zweck der vorliegenden kurzen Abhandlung soll sein, — unter Zugrundelegung der neueren Veröffentlichungen über den Gegenstand sowie einiger zum Teil noch nicht abgeschlossener Untersuchungen des Verfassers — darzulegen, welche Rolle nunmehr die Chironomiden für die Fragen der Seencharakteristik und Seensystematik spielen und welche Möglichkeiten und Aufgaben sie zur Lösung der Probleme fernerhin noch bieten.

Ein natürliches System muß als Einteilungsprinzip alle bekannten Faktoren benutzen. Unerläßlich erscheint es, daß die in Frage kommenden Eigenschaften des betreffenden Objektes hinsichtlich ihrer Beziehungen und Zusammenhänge untereinander bekannt und im einzeln auf ihre Bedeutung für die Charakterisierung des Gegenstandes geprüft sind. Die Merkmale, die einen See kennzeichnen, stehen wohl alle in irgendeinem Zusammenhang miteinander, nach ihrer Bedeutung für die Charakterisierung des Sees sind sie indes ganz verschieden zu werten. Es gibt Faktoren, die man als primäre bezeichnen könnte, und andere, die sich auf jenen aufbauen, durch sie kausal bedingt sind. Etwas ganz Ursprüngliches stellen natürlich auch die erstgenannten nicht dar; auch sie sind selbstverständlich durch irgendeinen anderen oder mehrere andere Faktoren bedingt; sofern diese Faktoren aber mehr oder weniger ausserhalb des Seees liegen, dürfen wir von jenen wohl als primären Faktoren sprechen. Sie sind zweifellos als grundlegend für den Charakter des Sees die wichtigeren Eigenschaften, für die Diagnostik aber können die sich auf ihnen aufbauenden Merkmale wesentlicher sein, da sie bessere Indikatoren sind; sie enthalten in sich auch die primären Eigenschaften des Sees, da sie jenen ja die eigene Ausprägung verdanken. Ein solcher — nennen wir ihn Faktor höherer Ordnung — läßt uns, da in ihm sich wohl meist der Einfluß aller primärer Faktoren ausspricht, normalerweise gute Schlüsse ziehen hinsichtlich des Gesamtcharakters des Sees, während die Kenntnis eines einzelnen primären Faktors uns noch nicht viel sagt, da er sich mit anderen uns nicht bekannten Faktoren zu allen möglichen Faktorenkomplexen verbinden kann. Selbstverständlich muß unser Bestreben sein, alle Eigenschaften eines Sees kennenzulernen, ebenso wie auch ihre Beziehungen zueinander; da dieser Idealfall jedoch aus technischen Gründen niemals erreicht werden kann, so ist es überaus wichtig, daß wir die Hauptcharaktere in ihrem Wert und ihren gegenseitigen Zusammenhängen kennen, damit wir aus dem von Fall zu Fall Gegebenen nicht zu viel, aber auch nicht zu wenig schließen.

Sehen wir uns daraufhin das Seensystem THIENEMANNS und NAUMANNS in seiner ursprünglichen und in seiner jetzigen Form an.

THIENEMANNS ursprüngliche Seencharakteristik beruhte in erster Linie auf dem kausalen Zusammenhang zwischen dem Sauerstoffgehalt des Tiefenwassers und der Besiedlung der Tiefenregion. Der Sauerstoffgehalt des Tiefenwassers hängt ab von einer Reihe anderer Faktoren: Form und Lage des Seebeckens, Art und Stärke der Sedimentation, die ihrerseits durch die Planktonproduktion bzw. durch den Gehalt des Wassers an gelösten Stoffen bedingt wird. Es leuchtet ein, daß der O_2-Gehalt bis zu einem gewissen Grade und innerhalb bestimmter Grenzen den Gesamtcharakter des Sees zu repräsentieren vermag. Die zum Sauerstoffgehalt des Tiefenwassers in kausalen Zusammenhang gebrachte Tiefenfauna, insbesondere ihre Hauptvertreter die Chironomidenlarven, lieferte nach THIENEMANNS ersten Untersuchungen (1909, 1913) einen guten Indikator für die Charakteristik und die Einteilung der Seen. Es ergaben sich so als Haupttypen die *Chironomus- und die Tanytarsusseen*, gleichbedeutend mit Seen mit sauerstoffarmem und solche mit sauerstoffreichem Tiefenwasser.

Der Sauerstoffgehalt ist neben der Nahrung der lebenswichtigste Faktor für die Tiere der Tiefenregion. Die Nahrungsverhältnisse, d. h. Art und Menge des Tiefensedimentes, stehen mit den Sauerstoffverhältnissen wiederum in engstem ebenfalls ursächlichem Zusammenhang. Die beiden lebenswichtigsten Funktionen der Tiefenchironomiden, Atmung und Ernährung, stehen also unter dem Einfluß dieses Faktorenkomplexes und es erscheint durchaus berechtigt anzunehmen, daß die Verbreitung dieser Tiere in erster Linie durch diesen Kausalnexus bedingt wird. Diese Überlegung zeigt, daß die damaligen Gedankengänge THIENEMANNS auch heute noch Geltung haben in der Seetypenlehre, und daß die ursprünglichen Typen, Chironomus- und Tanytarsussee, mit den Haupttypen des jetzigen, vor allem durch die Untersuchungen NAUMANNS weiter ausgebauten Systems in Einklang zu bringen sein müssen. Die neueren zusammenfassenden Arbeiten THIENEMANNS erweisen die Richtigkeit dieser Annahme: im großen und ganzen decken sich die Begriffe Chironomus-See und eutropher See einerseits und Tanytarsus-See und oligotropher See andererseits, d. h. der größte Teil der eutrophen Seen gehört zum Typus der Chironomus-Seen und alle oligotrophen Seen sind Tanytarsseen. Daß die beiden Systeme nicht kongruent sind, erscheint begreiflich, da sie ja auf verschiedenen Grundlagen aufgebaut sind; und ebensowenig wie die Besiedlung des Sees nur auf einer einzigen Ursachenreihe beruht, ebensowenig stellen die Begriffe Eu- und Oligotrophie die Gesamtheit aller Möglichkeiten von Faktorenverbindungen dar. Analysieren wir kurz die sich als regulierende Faktoren für die Besiedlung ergebenden Möglichkeiten. Nehmen wir zunächst an, daß der Sauerstoffgehalt des Tiefenwassers die Hauptrolle dabei spielt. Zeitweiliger Sauerstoffschwund bedingt die Auswahl der an diese Milieueigenart angepaßten oder sie doch vertragenden Tiere (Chironomussee);

aber dieser Sauerstoffschwund kann auf verschiedene Ursachen zurückgehn: Fäulnis infolge starker Produktion von Faulschlamm (eutropher See) oder Vertorfungsprozesse (dystropher See). Wir sehen, schon hier stimmen unsere beiden Systeme nicht mehr überein. Denken wir aber an die sich aus den Naumannschen Milieuspektren ergebenden Veränderungsmöglichkeiten für die Vorbedingungen der Besiedlung, so stellt sich das Problem noch wesentlich komplizierter dar. NAUMANN versteht unter der Eutrophie in erster Linie die N- und P-Mesotrophie (natürlich wohl auch — wenn in dem Zusammenhang auch nicht besonders erwähnt — die N- und P-Polytrophie) und unter Oligotrophie die N- und P-Oligotrophie. Beide Zustandsarten können aber durch das Hinzutreten weiterer Komponenten, wie z. B. der poly-, meso- oder oligotrophen Ausbildung des Gehaltes an Kalk oder Humus, kompliziert werden. Alle im Milieuspektrum enthaltenen Faktoren können naturgemäß einen gewissen Einfluß ausüben auf die Auswahl der Glieder der Biocoenose der Tiefenregion, sei es daß sie unmittelbar fördernd, hemmend oder gar störend auf die Lebensfunktionen der Tiere einwirken, sei es daß sie mittelbar die Lebensbedingungen zum Vorteil oder Nachteil ändern. Wir sehen hieraus, wie recht THIENEMANN hat, wenn er betont, daß die Natur kein Schema ist und daher auch nicht gut in ein starres System gebracht werden kann. Um so mehr muß es wundernehmen, wenn auch in den neueren Thienemannschen Arbeiten über diesen Gegenstand immer noch die beiden Haupttypen Chironomussee und Tanytarsussee einander gegenüberstehen. Sehen wir zu, inwieweit diese Gliederung durch das bis jetzt bekannte fest begründet ist, bzw. inwiefern sie Änderungen zu erwarten hat.

Am besten untersucht sind in dieser Hinsicht die Chironomusseen. Sie scheinen zum weitaus größten Teil eine ganz eindeutig charakterisierte Chironomidenfauna zu besitzen, von denen 2 Formen der Gattung *Chironomus* die Charaktertypen der Tiefe darstellen. Wie die Auswahl dieser Typen durch den niederen Sauerstoff bedingt ist, so geht auch — wie THIENEMANN 1923 ausführt — die Gliederung der Chironomus-Seen nach der Art ihrer Besiedlung auf die Verschiedenheiten der einzelnen Seen hinsichtlich des Sauerstoffgehaltes zurück.

Gibt es eine solche Gliederung, fußend auf dem kausalen Zusammenhang zwischen Fauna und Sauerstoffgehalt, auch bei den Tanytarsusseen? Rein theoretisch wäre eine Bejahung der Frage zu erwarten; wenn sich innerhalb der an Sauerstoffarmut angepaßten Chironomusformen eine graduell verschiedene Abstimmung auf diese Milieueigenschaft findet, dann könnten eigentlich wohl auch die sauerstoffbedürftigeren Tiere in verschiedenem Grade anspruchsvoll sein. Indes hat man verschiedentlich für andere Organismen nachgewiesen, daß ein Faktor, der die optimale Ausbildung erreicht hat, beim Überschreiten des Optimums keinen differenzierenden Einfluß mehr ausübt. In den Tanytarsusseen dürfte der O_2-Gehalt mit 4—5 ccm/l das Optimum für diese Formen erreicht haben und übt daher wohl durch die oberhalb dieses Gehaltes sich bewegenden Schwankungen keinen Einfluß mehr aus. Jedenfalls ist zu hoffen, daß auch über diesen Punkt die ferneren Untersuchungen genaueren Aufschluß bringen. Zunächst einmal müssen wir uns damit begnügen, die Chironomidenfauna der Tanytarsusseen in rein vergleichender Weise auf ihre Zusammensetzung hin zu betrachten.

Was wissen wir bisher über die Chironomiden-Besiedlung der Tanytarsusseen? Außer den verschiedenen Larven der Tanytarsusgruppe, von denen *Lauterbornia coracina* der eigentliche Repräsentant der Tanytarsusseen ist, gibt THIENEMANN (1918) für diese Seen noch eine Orthocladiine, *Prodiamesa* (jetzt *Monodiamesa*) *bathyphila*, als typisch an; diese Form kommt allerdings auch in Chironomusseen vor, hat also eine größere Anpassungsbreite bzgl. des O_2-Gehaltes als *Lauterbornia*. Neuere, z. T. noch nicht abgeschlossene Untersuchungen des Verfassers haben gezeigt, daß noch einige weitere Typen als Charakterformen der Tanytarsusseen angesprochen werden müssen. Die in Frage stehenden Untersuchungen erstrecken sich auf norwegische Hochgebirgsseen (das zur Verfügung stehende Material ist von MAG. O. OLSTAD gesammelt), finnische Seen (Material gesammelt von Mag. K. J. VALLE), norddeutsche Seen (von Prof. THIENEMANN kürzlich auf die Verbreitung von *Mysis relicta* hin untersucht, Material und Sauerstoffbestimmungen dem Verfasser zur Verfügung gestellt) und schließlich den Lunzer Untersee, den Verfasser im Sommer 1924 zusammen mit Prof. V. BREHM, Eger auf seine Chironomidenfauna hin untersuchte. Außerdem stand Material aus dem Vierwaldstätter See und einigen weiteren norddeutschen Seen zur Verfügung. Die Bearbeitung der Chironomidenfauna aller dieser Seen, die man wohl zum größten Teil in die Kategorie der bisherigen Tanytarsusseen einreihen kann, ergab außer den oben genannten Formen vor allem noch 3 weitere Komponenten, die ebenfalls als ausgesprochene Charakterformen fungieren. Als Begleitform zu *Monodiamesa* tritt fast immer eine andere durch ganz typischen Bau sich auszeichnende Orthocladiine auf, die von Prof. KIEFFER-BITCHE nach der Imago als *Didiamesa miriforceps* bestimmt wurde. Ebenso wie *Monodiamesa* findet sie sich nie in großen Mengen aber immerhin ziemlich regelmäßig in diesen Seen. In größerer Mengenentwicklung in echten Tanytarsusseen sowie in Seen von ausgesprochenem Mischcharakter zwischen den beiden Hauptseetypen tritt nahezu regelmäßig eine Larve auf, die systematisch zu den Chironomusformen i. w. S. gehört, und zwar zu der zwischen den eigentlichen Chironomustypen und den Tanytarsusformen stehenden Sektio Chironomus connectens (cf. LENZ 1921), es ist die Larve der Gattung *Sergentia*, die in 2—3 Imaginal-

arten[1]) bis jetzt festgestellt ist. Ihre systematische Zwischenstellung steht im Einklang mit ihrem Vorkommen in Seen, deren Entwicklung, d. h. Eutrophierung, schon mehr oder weniger weit fortgeschritten ist. Es findet ja — wie wohl bekannt — eine Entwicklung der Seen dahingehend statt, daß im allgemeinen jeder oligotrophe See allmählich zum eutrophen wird. Freilich müssen wir uns davor hüten, die systematische Stellung einer Form unbedingt als Wegweiser zur Kenntnis ihrer ökologischen Stimmung zu benutzen; das zeigt deutlich der Umstand, daß als regelmäßige Begleitform von *Chironomus* die nach ihren Jugendstadien *Sergentia* nächstverwandte Form zu betrachten ist, die Larve der Gattung *Polypedilum*. Sie verlangt ebenso wie die Chironomuslarve einen sehr nahrungsreichen Faulschlamm, kann auch einen gewissen Sauerstoffmangel vertragen, ist aber doch nicht an so starken Sauerstoffschwund angepaßt wie *Chironomus* und lebt daher in mittleren Tiefen. Die in vielen Seen zahlenmäßig am stärksten auftretende Tiefenform der Tanytarsusseen ist eine Chironomide, deren systematische Mittelstellung zwischen den Chironomus- und den Tanytarsus-Formen sich noch eigenartiger dokumentiert als bei der Sergentialarve: das Tier ist als Imago und als Puppe als *Stictochironomus* — also eine in die Sectio Chironomus genuinus gehörende Form — zu bestimmen, repräsentiert aber als Larve die typische Übergangsform zwischen den Chironomus- und den Tanytarsustypen mit einer Antenne, wie wir sie nur bei der Grenzgruppe der Microtendipesverwandten (aus der Sectio Chironomus connectens, aber den Tanytarsusformen näher stehend als *Polypedilum und Sergentia*) kennen. Ob die Sergentia- und die Stictochironomuslarve verschiedene Anpassungsbreiten haben bezüglich der Sauerstoffverhältnisse, läßt sich heute noch nicht mit Bestimmtheit angeben. Leider liegen ja für die norwegischen und finnischen Seen keine diesbezüglichen Messungen vor. Indes ist zu hoffen, daß die Fortführung der dahingehenden Untersuchungen der norddeutschen Seen nicht nur über diese Frage, sondern auch über die gesamte ökologische Einstellung der Charakterformen der Tanytarsusseen Aufschluß geben werden. Das eine steht jedenfalls fest und kann schon heute mit allem Nachdruck betont werden: die Tiefenbesiedlung der Tanytarsusseen ist durchaus nicht gleichmäßig. Ihre Komponenten können sich in den einzelnen Seen zu verschiedenen Biocoenosen verbinden und in verschiedener Stärke auftreten. So z. B. ist in manchen norwegischen Seen sowie im Lunzer Untersee *Stictochironomus* die Hauptform, sie überwiegt sogar die Tanytarsuslarven; in anderen Seen dominiert *Sergentia*, während sie in einem dritten Typus ganz fehlt. Es sei betont, daß diese Unterschiede nicht etwa durch die Tiefenverteilung oder durch die zeitlich verschiedene Entwicklung bedingt sind; die Proben sind — vor allem in den norwegischen Seen und im Lunzer See — aus allen Tiefen und zu verschiedenen Zeiten genommen.

Es wäre zweifellos verfehlt, wenn wir für diese verschiedenen Verteilungsbilder nachweisen wollten, daß sie ausschließlich durch die Sauerstoffverhältnisse kausal bedingt seien, weil auch die Chironomusseen ihre Hauptgliederung diesem Zusammenhang verdanken. Denken wir an die eingangs dargelegten Gedankengänge, daß nämlich der Seencharakter durch Änderung des primären Faktorenkomplexes, des Milieuspektrums, nach irgendeiner Seite hin entscheidend abgeändert werden kann, so leuchtet ohne weiteres die Wahrscheinlichkeit ein, daß die Variation der Zusammensetzung der Chironomidenfauna der Tanytarsusseen auf verschiedenen Ursachen beruhen kann. Bei den von THIENEMANN untersuchten Chironomusseen ist es eher verständlich, daß der Sauerstofffaktor die Verschiebungen des Verteilungsbildes bei den einzelnen Untertypen bewirkt; denn einmal scheint hier hinsichtlich aller übrigen Faktoren eine relativ große Übereinstimmung zu herrschen und dann handelt es sich hier auch um Tiere, die eine sehr große Anpassungsbreite den verschiedensten Einflüssen gegenüber besitzen (es sei nur daran erinnert, daß die Chironomusseen auch in die Kategorie der dystrophen Seen hinübergreifen, d. h. daß die Chironomuslarven auch in durch Humusstoffe stark beeinflußten Seen leben, wenn im übrigen dort genügend Nahrung vorhanden ist). Bei den empfindlicheren Formen der Tanytarsusseen dürfte die Sache twas anders liegen. Und in der Tat lassen die Befunde der obengenannten Untersuchungen des Verfassers schon gewisse Schlüsse zu hinsichtlich der Wirkung einiger Faktoren auf die Chironomidenbesiedlung insbesondere der Tanytarsusseen. Die hier in Frage kommenden Larvenformen scheinen nicht alle so unempfindlich gegen Humusstoffe zu sein wie die Chironomuslarven; es liegen Anzeichen dafür vor, daß *Sergentia* Gewässer mit stärkerem Gehalt an Humusstoffen meidet. Leider ist über die echten dystrophen Seen, die ja als Typus ursprünglich für Schweden aufgestellt wurden, in dieser Richtung noch fast gar nicht gearbeitet, so daß über den Humusgehalt als auslesenden Faktor bei Zusammensetzung der Chironomidenfauna noch kaum etwas gesagt werden kann. Die sonst so eingehende Arbeit von ALM (1922) bringt in dieser Hinsicht keine Einzelheiten. In diesem Zusammenhang sei erwähnt, daß unter Umständen der Humusgehalt auch die Besiedlung eines Chironomussees scheint beeinflussen zu können: einer der holsteinischen Seen, der Einfelder See, zeichnet sich dadurch aus, daß er eine besondere das Milieu vollkommen beherrschende eigne Charakterform (*Einfeldia insolita* KIEFFER) besitzt, die bis jetzt in dieser Mengenentwicklung noch nirgends gefunden wurde. Nach verschiedenen Anzeichen macht dieser See

[1]) Die Larven-Puppensystematik unterscheidet meist nur die Gattungstypen, da die Jugendstadien der von der Imaginalsystematik als getrennte Arten einer Gattung bezeichnete Formen nicht zu unterscheiden sind.

den Eindruck eines eutrophen Sees, der durch Zufluß von humushaltigem Wasser stark beeinflußt wird; die exakten kausalen Zusammenhänge soll hier eine demnächst zu unternehmende Untersuchung feststellen. In ebenso eigenartiger Weise finden sich zwei besondere Typen als Charakterformen im Waterneverstorffer Binnensee, einem größeren, flachen, schwach brakigen Strandsee an der Ostsee. In beiden Fällen scheinen sich unter Anpassung an die ganz spezifisch charakterisierte Eigenart der beiden Seen bestimmte Formen ausgebildet bzw. angesiedelt zu haben.

Ein anderer in seiner Bedeutung für die Zusammensetzung der Chironomidenfauna der Seen nicht zu unterschätzender Faktor ist die Temperatur. Ebenso wie *Lauterbornia* und *Monodiamesa*, die THIENEMANN als stenotherm bezeichnet, scheint auch vor allem *Stictochironomus* an niedere Temperatur gebunden zu sein, da er in flacheren Seen fehlt. Als Gegenstücke hierzu mögen zwei Formen aus den Chironomusseen angeführt werden: *Polypedilum* und *Chironomus plumosus*. Erstere Form liebt ebenso wie die Chironomuslarven nährstoffreichen Schlamm, bedarf aber eines höheren Sauerstoffgehaltes als jene, bewohnt daher in den Chironomusseen mittlere Tiefen (vgl. LENZ 1923). Im flachen Waterneverstorffer See findet dies Tier hinsichtlich der beiden Gesichtspunkte geradezu ideale Lebensbedingungen und bringt es, da es zudem gegen Temperaturänderungen eine große Anpassungsbreite zu besitzen scheint, zu einer fast die Besiedlung beherrschenden Massenentwicklung. Der mehr kaltstenotherme *Chironomus bathophilus* der tieferen Chironomusseen ist hier ausgeschaltet, nur der auch in Teichen lebende *Chironomus plumosus* kommt vor, ohne aber Massenentwicklung zu erreichen. Wir sehen, die den Charakter des Milieus bestimmenden Faktoren können ihren Einfluß vor allem auch derart ausüben, daß sie gewisse Formen ausmerzen, so daß andere Typen, die dem betreffenden Einfluß unempfindlicher gegenüberstehen, d. h. eine größere Anpassungsbreite ihm gegenüber haben, den Platz der ersteren einnehmen können. Oft sind es gerade nahverwandte Formen, die sich auf Grund ihrer verschiedenen Einstellung dem in Frage kommenden Faktor gegenüber in den einzelnen Seenarten gegenseitig zu ersetzen vermögen. *Sergentia* und *Stictichironomus* nehmen im Tanytarsussee etwa die Stelle ein, die *Polypedilum* und *Microtendipes* im Chironomussee haben. *Polypedilum* und *Sergentia* ihrerseits haben wiederum zwei ihnen ganz nahe stehende Verwandte in einem Milieu von noch größerem Sauerstoffgehalt als sie es selbst beanspruchen, in Bächen und Flüssen sowie im Seenlitoral; es sind die beiden von *Polypedilum* bzw. *Sergentia* kaum zu unterscheidenden Typen *Pentapedilum* und *Lenzia*. Die Beispiele für solch verschiedene Einstellung der Formen auf die einzelnen Milieufaktoren ließen sich noch um eine ganze Anzahl vermehren. Sie alle sind letzten Endes nichts anderes als Spezialfälle des Liebigschen Gesetzes vom Minimum, auf dessen Bedeutung für den Stoffhaushalt der Gewässer und die biologischen Vorgänge überhaupt ja bereits von mehreren Forschern hingewiesen wurde (WUNDSCH 1920; THIENEMANN 1922). WUNDSCH (S. 40) formuliert die Beziehung folgendermaßen: „Steht ein Organismus unter dem Einfluß zweier in bezug auf das Endergebnis gleichsinnig wirkender Faktoren, so wird jeweils die Wirkung des inkonstanten Faktors augenfällig, solange der konstante Faktor das Bedarfsminimum voll deckt." In unserem Fall würde das, noch etwas anders ausgedrückt, folgendes besagen: jede Komponente des Milieuspektrums hat für jede einzelne Chironomidenform ein Minimum ihrer Ausbildung, das sie erreichen muß, um der betreffenden Form überhaupt die Existenz in dem Milieu zu ermöglichen. Deckt ein einziger der Faktoren das Bedarfsminimum nicht, so muß die Form in dem betreffenden Milieu ausfallen. Das jeweils erforderliche Minimum ist natürlich entsprechend der verschiedenen physiologischen Einstellung, der Anpassungsbreite, der einzelnen Typen nicht bei allen Formen das gleiche. Nähert sich einer der Faktoren dem für die betreffende Form optimalen Stand, während alle übrigen konstant bleibend das Bedarfsminimum decken, so tritt unter dem Einfluß dieses einen Faktors eine Verstärkung der Mengenentwicklung der betreffenden Tierform ein. Die größte Mengenentwicklung, d. h. der Idealzustand, für die Form wäre vorhanden, wenn alle Faktoren das Optimum erreicht hätten. Es braucht nicht besonders betont zu werden, daß die Art und Weise wie sich das Minimum oder Optimum ausdrückt, bei den einzelnen Milieufaktoren ganz verschieden sein kann; bei kaltstenothermen Tieren ist das Minimum z. B. eine Temperatur, die nicht überschritten werden darf, bzw. ein Minimum an Temperaturschwankung. In einem anderen Fall kann das Minimum ein Maximalgehalt an irgendeinem dem Organismus schädlichen Stoff sein (ich denke hier an die von HARNISCH (1924) nachgewiesene Giftwirkung der Humusstoffe auf gewisse Organismen). Wir sehen hieraus, wieviel verschiedene Möglichkeiten sich für die kausale Bedingtheit der Chironomidenverbreitung in Seen ergeben. Man müßte hieraus auf eine große Komplizierung des auf diesem Prinzip sich aufbauenden Seensystem schließen. Das ist indes nicht der Fall, da die Zahl der wirklich sich stark ändernden Faktoren nur gering ist. Was ist nach dem dargelegten über den weiteren Ausbau des Systems zu sagen?

Infolge der überragenden Bedeutung des Sauerstoffaktors bleibt die auf ihm sich aufbauende Haupteinteilung der Seen in Chironomus- und Tanytarsusseen bestehen. Da wo ein anderer Faktor durch einschneidenden Einfluß ein besonderes Bild schafft, müssen wir freilich die Definition der Begriffe „Chironomussee" und „Tanytarsussee" im einzelnen etwas modulieren, da die Chironomus- bzw. Tanytarsusformen in diesen Fällen ihre Rolle als vorherrschende Form an eine andere abgegeben haben; durch

ihr Vorhandensein als Begleitform dokumentieren sie aber immerhin den betreffenden See noch als Chironomus oder Tanytarsussee. Innerhalb der Hauptgruppen wird man Untertypen schaffen. Für die Chironomusseen werden dies — abgesehen von einigen herausfallenden Sondertypen — die von THIENEMANN auf den Sauerstoffverhältnissen aufgebauten Typen sein; für die Tanytarsusseen dagegen wird sich — angesichts der Tatsache, daß der gliedernde Einfluß des O_2-Gehaltes wegfällt, da er das Optimum darstellt und daher in seiner Wirkung konstant ist — eine mannigfaltigere Gliederung ergeben. Zu ihrer Durchführung sind noch eine Reihe von Problemen zu lösen. Manche von ihnen werden nicht durch die vergleichende, sondern durch die experimentelle Methode zu lösen sein. Auch hier ist es so wie in anderen Forschungsgebieten: die vergleichende Arbeitsweise läßt die Probleme erkennen, zu ihrer Lösung muß aber in vielen Fällen die experimentelle Methode hinzutreten. Hoffen wir daher, daß in Zukunft die beiden genannten Forschungsweisen noch mehr als bisher Hand in Hand arbeiten.

Literaturverzeichnis:

1922. G. ALM, Bottenfaunan och Fiskens Biologi i Yxtasjön samt jämförande Studier över Bottenfaunan och Fiskavkastning i vara Sjöar. Medd. Kgl. Lantbruksstyr. **236**, S. 2.

1924. O. HARNISCH, Studien zur Ökologie der Moorfauna. Biol. Zentralbl. **44**, 3, S. 110.

1921. FR. LENZ, Chironomidenpuppen und -larven. Bestimmungstabellen. Dtsch. Entomol. Zeitschr. **3**, S. 148. 1921.

1923. FR. LENZ, Die Vertikalverteilung der Chironomiden im eutrophen See. Verhandl. d. int. Ver. Limnol. Kiel 1922, S. 144.

1923. E. NAUMANN, Einige Grundzüge der regionalen Limnologie Süd- und Mittelschwedens. Verhandl. d. int. Ver. Limnol. Kiel 1922, S. 75.

1909. A. THIENEMANN, Vorläufige Mitteilung über Probleme und Ziele der biologischen Erforschung der neun westfälischen Talsperren. Ber. Vers. d. Bot. Zool. Ver. Rheinland u. Westfalen S. 107.

1913. A. THIENEMANN, Der Zusammenhang zwischen dem Sauerstoffgehalt des Tiefenwassers und der Zusammensetzung der Tiefenfauna unserer Seen. Internat. Rev. Hydrobiol. u. Hydrogr. **6**, S. 243.

1915. A. THIENEMANN, Die Chironomidenfauna der Eifelmaare. Mit Beschreibung neuer Arten von Prof. Dr. KIEFFER. Verhandl. d. Nat. Ver. pr. Rheinlande u. Westfalens **72**, S. 1.

1918a. A. THIENEMANN, Untersuchungen über die Beziehungen zwischen dem Sauerstoffgehalt des Wassers und der Zusammensetzung der Fauna in norddeutschen Seen. (Erste Mitteilung.) Arch. f. Hydrobiol. **12**, S. 1.

1918b. A. THIENEMANN, Desgl. Zweite Mitteilung: Prodiamesa bathyphila Kieff., eine Chironomide aus der Tief norddeutscher Seen. Zeitschr. f. wiss. Insektenbiol. **14**, S. 209.

1922. A. THIENEMANN, Die beiden Chironomidenarten der Tiefenfauna der norddeutschen Seen. Ein hydrobiologisches Problem. Arch. f. Hydrobiol. **13**, S. 609.

1920. H. H. WUNDSCH, Beiträge zur Frage nach dem Einfluß von Temperatur und Ernährung auf die quantitative Entwicklung von Süßwasserorganismen. Zool. Jahrb. 38, Abt. f. Zool. u. Physiol.

Zuschriften und vorläufige Mitteilungen.

Im Interesse des Kaiser Wilhelm-Instituts für physikalische Chemie und Elektrochemie bitte ich, den beifolgenden, an die *Times* gerichteten Brief in den *Naturwissenschaften* zu veröffentlichen. Über den Sachverhalt gibt der Brief selbst genügend Auskunft. Es braucht nur hinzugefügt zu werden, daß die *Times* von der durch uns gebotenen Möglichkeit, *ihre Behauptungen zu beweisen, keinen Gebrauch gemacht* hat. In diesem Verhalten liegt wohl für jeden das Eingeständnis der *Times*, daß die betreffenden Behauptungen in allen Punkten unzutreffend sind.

H. FREUNDLICH.

Berlin-Dahlem, den 17. Dezember 1924.

An den

Herausgeber der *Times*

London.

Sehr geehrter Herr!

In der *Times* vom 14. November d. J. bringen Sie einen Aufsatz, überschrieben „Die Abrüstung Deutschlands. Passiver Widerstand" (von einem Spezialkorrespondenten), in dem folgende Sätze vorkommen: „Die Deutschen suchen Mittel zu finden, um die durch den Versailler Vertrag bedingte Beschränkung der deutschen Rüstungen durch die Einführung neuer Verfahren aufzuheben. Diese Bewegung hat ihren Ausdruck gefunden in der Schaffung eines großen Laboratoriums, das dem bei Berlin gelegenen Kaiser Wilhelm-Institut angegliedert ist. Sein Zweck ist, den Krieg vom wissenschaftlichen Standpunkt aus zu erforschen. Dies geheimnisvolle, wirksam ausgerüstete und mit Geldmitteln glänzend versehene Laboratorium arbeitet im engen Zusammenhang mit mehreren ähnlichen Einrichtungen, die über Deutschland verstreut sind, insbesondere mit dem Gasprüfungsinstitut in Hannover. Alle militärischen Ideen und Erfindungen, die nicht augenscheinlich sinnlos sind, werden in diesem Laboratorium untersucht. Besondere Aufmerksamkeit wird der Weiterentwicklung des Gaskrieges gewidmet, in dem die deutschen Militaristen das Mittel eines künftigen Sieges sehen."

Professor HABER, der Leiter des Kaiser Wilhelm-Instituts für physikalische Chemie und Elektrochemie, in dem während des Krieges die für den Gaskampf erforderliche Laboratoriumsarbeit durchgeführt wurde, ist für längere Zeit verreist. Deshalb fühle ich mich als stellvertretender Leiter des genannten Instituts verpflichtet, Sie darauf hinzuweisen, daß Ihr Spezialkorrespondent das Opfer einer bedauerlichen Täuschung geworden ist. Die das Kaiser Wilhelm-Institut betreffenden Aussagen seines Aufsatzes stehen völlig mit den Tatsachen im Widerspruch. Es wird weder im Kaiser Wilhelm-Institut für physikalische Chemie und Elektrochemie noch in irgendeinem anderen Institut, das der Kaiser Wilhelm-Gesellschaft angegliedert ist, irgendwelche Arbeit ausgeführt, die den Zweck hat, den Krieg vom wissenschaftlichen Standpunkte aus zu erforschen. Um aber derartige irrtümliche Nachrichten gründlich aus der Welt zu schaffen, lade ich hiermit Ihren Spezialkorrespondenten, wenn er will, in Begleitung irgendeines Sachverständigen, ein, unser

Institut zu besuchen und sich zu überzeugen, daß ausschließlich wissenschaftliche und technische Untersuchungen, die mit einer kriegerischen Verwendbarkeit nichts zu tun haben, ausgeführt werden. Er ist stets willkommen, soll das Institut in jeder Einzelheit besichtigen, kann sich eingehend nach allem, was ihm wünschenswert erscheint, erkundigen und wird in unserer Gegenwart feststellen können, wo angeblich für den Krieg gearbeitet wird. Um dem Einwurf zu begegnen, es könne sich um ein Laboratorium eines anderen Kaiser Wilhelm-Instituts handeln, möchte ich unter Zustimmung der Kaiser Wilhelm-Gesellschaft meine Einladung dahin ausdehnen, daß es Ihrem Korrespondenten freisteht, die Laboratorien aller Institute, die der Kaiser Wilhelm-Gesellschaft angegliedert sind, zu besuchen. Er wird sehen, daß in ihnen nichts anderes als die regelrechte wissenschaftliche Friedensarbeit im Gange ist.

Mit vorzüglicher Hochachtung
Professor Dr. H. FREUNDLICH.

Über die Intensität der Röntgenspektrallinien.

In einer Mitteilung in dieser Zeitschrift[1]) hat der eine von uns vor kurzer Zeit einige Bemerkungen publiziert in Zusammenhang mit dem Landéschen Schema der Röntgenterme. Die von LANDÉ aufgestellte Analogie zwischen Röntgentermen und optischen Dublettermen macht von neuem Anspruch auf unser Interesse durch eine rezente Arbeit von STONER[2]). STONER, der sich auf das Landésche Schema stützt, schlägt eine neue Gruppeneinteilung von Elektronen im Atom vor, die insofern von der Bohrschen abweicht, daß er ebenso viele Untergruppen von Elektronen annimmt, als es Terme gibt im Röntgenspektrum. Jeder dieser Röntgenterme würde dem Energiezustand des erregten Atoms entsprechen, wo in der korrespondierenden Untergruppe ein Elektron fehlt.

Es ist nicht unsere Absicht, hier näher auf die Stonersche Arbeit einzugehen. Nur möchten wir einige Bemerkungen anknüpfen über die Intensitäten der Röntgenlinien. STONER versucht diese Intensitäten in Zusammenhang zu bringen mit den Besetzungszahlen der verschiedenen, von ihm angenommenen Untergruppen von Elektronen. Es scheint uns vom Standpunkte der Landéschen Analogie naturgemäßer zu sein, die von BURGER und DORGELO[3]) für die optischen Multipletts aufgestellte Intensitätsregel unmittelbar auf die Röntgenterme zu übertragen.

Wir benutzen das Landésche Schema:

Röntgenterme:	K	L_I	L_{II}	L_{III}	M_I	M_{II}	M_{III}	M_{IV}	M_V	N_I	N_{II}	N_{III}	N_{IV}	N_V	N_{VI}	N_{VII}
n_{kj}:	1_{11}	2_{11}	2_{21}	2_{22}	3_{11}	3_{21}	3_{22}	3_{32}	3_{33}	4_{11}	4_{21}	4_{22}	4_{32}	4_{33}	4_{43}	4_{44}
opt. Terme:	$1\,s$	$2\,s$	$2\,p_2$	$2\,p_1$	$3\,s$	$3\,p_2$	$3\,p_1$	$3\,d_2$	$3\,d_1$	$4\,s$	$4\,p_2$	$4\,p_1$	$4\,d_2$	$4\,d_1$	$4\,f_2$	$4\,f_1$

Die Intensitätsregel von BURGER und DORGELO bekommen eine besonders einfache Form im Falle einer Kombination von s- mit p-Termen. In diesem Falle sollen die Intensitäten der beiden Dublettlinien sich verhalten als $2 : 1$[4]).

Im Röntgenspektrum sind dies die folgenden Linienpaare. (Die Linien sind mit ihrem Anfangs- und Endniveau angedeutet, daneben wird die übliche Bezeichnungsweise gegeben.)

A_1. In der K-Serie $(1\,s - n\,p)$:

$$KL_{III} - KL_{II} (K\alpha_1 - K\alpha_2);$$
$$KM_{III} - KM_{II} (K\beta_1\text{-Doppellinie});$$
$$KN_{III} - KN_{II} (K\beta_2\text{-Doppellinie}).$$

A_2. In der L-Serie $(2\,s - n\,p)$:

$$L_I M_{III} - L_I M_{II} (L\beta_3 - L\beta_4);$$
$$L_I N_{III} - L_I N_{II} (L\gamma_3 - L\gamma_2).$$

A_3. In der L-Serie $(2\,p - n\,s)$:

$$L_{III} M_I - L_{II} M_I (L\iota - L\eta);$$
$$L_{III} N_I - L_{II} N_I (L\beta_6 - L\gamma_3);$$
$$L_{III} O_I - L_{II} O_I (L\beta_7 - L\gamma_8).$$

Was nun die Linien der Gruppe A_1 betrifft, das Intensitätsverhältnis der Linien $K\alpha_1 : K\alpha_2$ ist gemessen worden nach der Ionisationsmethode von DUANE und STENSTRÖM für W und von DUANE und PATTERSON für M_0; nach der photographischen Methode von SIEGBAHN und ŽÁČEK für Zn, Cu und Fe. Alle diese Autoren fanden ein Verhältnis, das innerhalb der Fehlergrenzen mit dem zu erwartenden Verhältnis $2 : 1$ übereinstimmt. Die Doppellinie $K\beta_1$ ist nur von DE BROGLIE bei Benutzung einer ganz großen Dispersion für die Elemente Rh und W aufgespalten worden. DE BROGLIE erwähnt (in Übereinstimmung mit unserer Erwartung), daß die langwellige Komponente die schwächere sei. Daß der Intensitätsunterschied sehr groß sein würde, wird gar nicht bemerkt, so daß man vorläufig annehmen kann, daß das experimentelle Ergebnis, was diese Doppellinie betrifft, der Erwartung nicht widerspricht. Die Doppellinie $K\beta_2$, die überdies sehr schwach ist, wurde noch nie aufgelöst.

Für die Linienpaare A_2 ist die Übereinstimmung zwischen theoretischer Erwartung und der Erfahrung nicht besonders gut. Wir haben erstens für diese beiden Linienpaare die Komplikation, daß die stärkeren Komponenten ($L\beta_3$ und $L\gamma_3$) bei den leichteren Elementen relativ intensiver sind als bei den schwereren Elementen. Überall ist aber, wie man erwarten sollte, $L\beta_3$ stärker als $L\beta_4$ und $L\gamma_3$ stärker als $L\gamma_2$. Messungen liegen hier allein vor von DUANE und PATTERSON für W. Diese Autoren fanden für $L\beta_3 : L\beta_4$ das Intensitätsverhältnis 15 : 9 und für $L\gamma_2 : L\gamma_3$ das Verhältnis 9 : 7.

Die überhaupt sehr schwachen Linien der Gruppe A_3 sind, was ihre Intensität betrifft, niemals gemessen worden. Insoweit man visuellen Intensitätsabschätzungen vertrauen kann, muß man aber schließen, daß die Wirklichkeit nicht weit von dem Verhältnis $2 : 1$ entfernt sein kann.

Von besonderem Interesse sind die sog. zusammengesetzten Dubletts. Zwei solcher Multipletts sind in den Röntgenspektren bekannt. Es sind dies:

B_1. In der L-Serie $(2\,p - 3\,d)$:

$$L_{III} M_V - L_{II} M_{IV} - L_{III} M_{IV} (L\alpha_1 - L\beta_1 - L\alpha_2).$$

B_2. In der M-Serie $(3\,d - 4\,f)$:

$$M_V N_{VII} - M_{IV} N_{VI} - M_V N_{VI} (M\alpha_1 - M\beta - M\alpha_2).$$

Aus den Regeln von BURGER und DORGELO berechnet man für die erste Liniengruppe das Intensitätsverhältnis 9 : 5 : 1, für die zweite Liniengruppe das Verhältnis 20 : 14 : 1. Diese Zahlen geben den richtigen

[1]) D. COSTER, Naturwissenschaften **12**, 724. 1924.
[2]) STONER, Philosoph. mag. Oktober 1924.
[3]) H. C. BURGER und H. B. DORGELO, Zeitschr. f. Physik **23**, 258. 1924.
[4]) Bei den Dublettermen sind die Landéschen J-Werte gleich den in den obigen Tabellen benutzten j-Werten.

Sachverhalt jedenfalls qualitativ besonders gut wieder. Relativ zu der Linie α_1 ist die Linie α_2 in der M-Serie beträchtlich schwächer als in der L-Serie, die Linie β hingegen in der M-Serie stärker als in der L-Serie. Gemessen wurde nur das Intensitätsverhältnis $L\,\alpha_1 : \alpha_2$ für W von DUANE und PATTERSON. Gefunden wurde 10 : 1, was innerhalb der Fehlergrenzen mit unserer Erwartung (9 : 1) übereinstimmt.

Wir haben jetzt noch einige nicht ganz aufgelöste Multipletts zu betrachten. Es sind:

C_1. In der L-Serie $(2\,p - 4\,d)$:

$$L_{III}N_{V,IV} - L_{II}N_{IV}(L\,\beta_2 - L\,\gamma_1).$$

C_2. In der L-Serie $(2\,p - 5\,d)$:

$$L_{III}O_{V,IV} - L_{II}O_{IV}(L\,\beta_5 - L\,\gamma_6).$$

Die zwei d-Niveaus liegen für diese beiden Linienpaare so dicht aneinander, daß sie als einfache Niveaus betrachtet werden können. Man muß also für beide Linienpaare das Intensitätsverhältnis 2 : 1 erwarten. Obwohl die Intensitäten dieser Linien bis jetzt nicht gemessen wurden, kann man doch aus visuellen Abschätzungen auch hier schließen, daß das Zahlenverhältnis 2 : 1 annähernd richtig sein muß.

Bei unserer Besprechung haben wir bis jetzt eine Schwierigkeit noch nicht erwähnt: Die Intensität der Röntgenlinien hängt in hohem Maße auch von den Erregungsbedingungen ab. Es ist z. B. ein leichtes, das Röntgenspektrum so anzuregen, daß von der obigen Liniengruppe B_1 wohl die Linie $L\,\alpha_1$, nicht aber $L\,\beta_1$ auftritt. Man braucht dazu die Röntgenröhre nur mit einer Spannung, die zwischen den kritischen Erregungsspannungen beider Linien liegt, zu betreiben. Für solche Liniengruppen muß man annehmen, daß obige Intensitätsregeln annäherungsweise gelten in dem Falle, daß die wirklich benutzte Spannung groß ist gegenüber den kritischen Erregungsspannungen. Es sei uns gestattet, in diesem Zusammenhang noch einmal auf einen großen Unterschied zwischen optischen und Röntgenspektren, auf den in der vorigen Mitteilung[1]) stark der Nachdruck gelegt wurde, zu weisen. Die Röntgenterme korrespondieren mit Anfangszuständen, wo die entsprechenden optischen Terme mit Endzuständen korrespondieren und umgekehrt. Betrachten wir z. B. das Dublett $1\,s - 2\,p$. Im optischen Gebiet sind es zwei Linien, die korrespondieren mit Übergängen aus den Anfangszuständen $2\,p_2$ und $2\,p_1$ zu dem Endzustand $1\,s$, im Röntgengebiet korrespondieren die entsprechenden Linien mit Übergängen aus dem einen Anfangszustand K zu den zwei Endzuständen L_{II} und L_{III}. Während man also im ersten Falle die Möglichkeit zu berücksichtigen hat, daß wegen der zwei verschiedenen Anfangszustände die relative Intensität der Linien von den Erregungsbedingungen beeinflußt wird, ist eine solche Beeinflussung im zweiten Falle unmöglich.

Haarlem, den 6. November 1924. D. COSTER.
S. GOUDSMIT.

Die Wasseroberfläche als Gleitbahn.

Die Leichtigkeit, mit der ein Stein die Wasseroberfläche durchschlägt und in die Tiefe sinkt, erweckt bei den meisten Menschen die Vorstellung, daß ein nennenswerter Widerstand gegen das Eindringen in das Wasser nicht auftritt, daß sich vielmehr erst beim Untersinken jener bekannte Reibungswiderstand geltend macht, welcher der Schwerkraft entgegenwirkt und die Geschwindigkeit des Untersinkens verlangsamt.

[1]) D. COSTER, l. c.

Wer jedoch einmal bei einem verfehlten Kopfsprung mit einem erheblichen Teil seiner Körperfläche auf das Wasser aufgeschlagen ist, oder wer es versteht, flache Steine so über den Wasserspiegel zu schleudern, daß sie nach vielfachem Abprallen schließlich eine große Strecke weit dahingleiten, der wird einer Wasseroberfläche keinen sehr hohen Grad von Nachgiebigkeit zuschreiben, vielmehr eingestehen müssen, daß ihre Festigkeit, wie ich mich der Anschaulichkeit wegen ausdrücken möchte, eine recht beträchtliche ist. Ganz besonders tritt diese Eigenschaft solchen Körpern gegenüber hervor, die analog den flachen Steinen schnell auf dem Wasser vorwärts gleiten, und es leuchtet ohne weiteres ein, daß bei zunehmender Geschwindigkeit des Gleitkörpers die Festigkeit der Wasseroberfläche sich immer mehr derjenigen eines wirklich festen Körpers nähert.

Diese Eigenschaft läßt sich auch für praktische Zwecke ausnutzen, wenn man Fahrzeuge konstruiert, die gewissermaßen eine Kombination von Wasserflugzeug und Gleitboot darstellen, sich in der Regel auf dem Wasser bewegen und nur ausnahmsweise, z. B. beim Übergang von Wasser auf Land, in die Luft aufsteigen würden.

Der große Widerstand, den das Wasser bei schneller Fahrt den bootsförmig gestalteten Schwimmern entgegensetzt, könnte beträchtlich verringert werden, wenn man neben- und hintereinander liegende, walzenförmige Schwimmkörper verwenden würde, die in Kugellagern um horizontale, senkrecht zur Fahrtrichtung liegende Achsen frei drehbar sind. Bei kräftigem Antrieb muß sich ein solches Wasserflugzeug in ähnlicher Weise, wie es auch Gleitboote bei hoher Geschwindigkeit tun, immer mehr aus dem Wasse herausheben und wird schließlich weniger im Wasser schwimmen, als vielmehr, nur an dessen Oberfläche haftend, auf ihr dahinschießen.

Die gleitende Reibung des Gleitbootes wird hier durch die viel vorteilhaftere rollende ersetzt, da die Rotationsgeschwindigkeit der frei drehbaren Schwimmwalzen sich jeweils automatisch der translatorischen Geschwindigkeit der Flugmaschine anpaßt.

Bei sehr schnell über das Wasser hin bewegten Körpern kann man eben die Wasseroberfläche nahezu als feste Unterlage betrachten, auf welche der Druck einer darüber hinrollenden Last um so geringer wird, je mehr ihre Geschwindigkeit zunimmt.

Über die vorteilhaftesten Geschwindigkeiten und Einzelheiten der Formengebung würden Prüfungen in einer Schleppversuchsanstalt leicht Aufschluß geben, wobei auch der Wasserwiderstand eines drehbaren walzenförmigen Schwimmers mit dem eines bootsförmigen von gleichem Auftriebe zahlenmäßig verglichen werden könnte.

Nicht nur auf ruhigen Wasserflächen, sondern selbst bei hohem Seegang ließe sich der Apparat, wenigstens in der Richtung des Fortschreitens der Wellen, verwenden, wenn man seine Geschwindigkeit so reguliert, daß er, mit Rückenwind auf der Rückseite des Wellenberges sitzend, ebenso schnell wie die Welle selbst läuft, seinen Standpunkt zur Form der Welle also nicht verändert. Bei dieser Art der Anwendung müßten sich sehr hohe Geschwindigkeiten erzielen lassen.

Nebenbei sei erwähnt, daß drehbare Schwimmwalzen auch insofern von Vorteil sind, als sie den Wasserflugzeugen gestatten würden, in voller Fahrt auf das Wasser niederzugehen, ohne sich der Gefahr des Kenterns auszusetzen.

Berlin, den 10. Dezember 1924. O. BASCHIN.

Besprechungen.

STRANEO, PAOLO, **Teoria della Relatività, saggio di una esposizione secondo il senso fisico.** Roma: Liberia di Scienze e Lettere G. Bardi 1924. Preis in Rom 15 L, außerhalb 16,50 L.

Die gewaltige, durch die Relativitätstheorie in der Physik und ihren Nachbargebieten verursachte Umwälzung hat zur Abfassung zahlreicher Lehrbücher und noch viel zahlreicherer gemeinverständlicher Darstellungen dieser neuen Lehre Veranlassung gegeben. Das neue Buch von Prof. STRANEO ist keines von beiden, sondern ein Versuch, die gesamte neue Theorie in einheitlicher Weise von einem ganz bestimmten Standpunkte aus — dem physikalischen — zu beleuchten und zu deuten. Die Relativitätstheorie verdankt ihre Entstehung der modernen Entwicklung der Elektrodynamik, steht also mit ihren Wurzeln auf rein physikalischem Boden, doch greift das von EINSTEIN errichtete monumentale Gebäude sowohl auf das Gebiet der Mathematik wie auch auf das der Erkenntnistheorie über, indem es auch diesen Wissenschaften eine Fülle neuer, bisher ungeahnter Probleme stellt. Es ist daher nur verständlich, daß die neue Lehre nicht nur von Physikern, sondern in beinahe noch stärkerem Maße von Mathematikern und Philosophen studiert und bearbeitet worden ist, wodurch aber ihr ursprünglicher Charakter mit der Zeit eine nicht unwesentliche Änderung erfahren hat. Dem Umstande, daß die Physiker auf diesem Gebiete die ihnen von Rechts wegen zukommende führende Rolle allmählich verloren haben, schreibt Verfasser die bedauerliche Erscheinung zu, daß der wahre Sinn der Relativitätstheorie gegenwärtig immer mehr hinter einem Walde von „dem gesunden Menschenverstande" widerstrebenden Paradoxen zu verschwinden droht und daß sogar die Grundlagen dieser Theorie von einer einsetzenden Reaktion als logisch nicht unanfechtbar betrachtet werden.

Das Hauptziel Prof. STRANEOS besteht nun gerade darin, diese Anschauung zu widerlegen, die scheinbar paradoxen Folgen, die man aus der Relativitätstheorie ziehen zu können glaubt, auf ihr richtiges Maß zurückzuführen und den wahren physikalischen Inhalt der Theorie möglichst rein herauszuschälen.

So verdienstlich eine solche Aufgabe zweifellos ist, kann sie keineswegs als eine leichte bezeichnet werden, vor allem, wie Verfasser richtig hervorhebt, aus dem Grunde, weil die Entwicklung der Relativitätstheorie nur in ihren Anfängen durch rein physikalische Erwägungen bestimmt war, während bei der späteren großartigen Verallgemeinerung und Vertiefung der Fragestellungen rein formale Motive und Schlußfolgerungen eine immer maßgebendere Rolle gespielt haben, so daß die schließlich erreichten Resultate nur durch einen nachträglichen mühsamen Vergleich mit der Erfahrung, der zum Teil auch heute noch nicht in ganz befriedigender Weise erfolgt ist, physikalisch zu rechtfertigen sind. Ferner ist eine physikalische Deutung der allgemeinen Grundgleichungen der Einsteinschen Gravitationstheorie, die ja den Hauptinhalt der Abhandlung bilden müßte, solange ihre Integration noch nicht gelungen ist, außerordentlich schwierig und wird wohl noch auf viele Jahre hinaus sehr unvollkommen bleiben müssen. Aus diesen Gründen sieht sich Verfasser gezwungen, auch bei seiner Darstellung der Theorie den historischen Weg zu gehen, d. h. im wesentlichen denselben formalen, heuristischen Weg, den EINSTEIN selbst bei der Aufstellung der Theorie verfolgt hat, und muß sich darauf beschränken, die einzelnen Schritte, soweit es zur Zeit möglich erscheint, nur mit Kommentaren zu versehen, die ihre physikalische Tragweite beleuchten sollen.

Trotzdem man also nicht behaupten kann, daß es dem Verfasser gelungen wäre, das Ziel, das er sich gesteckt hatte, in vollem Umfange zu erreichen, bietet das Buch Prof. STRANEOS doch für den mit den Grundlagen der Mathematik und Physik vertrauten Leser eine äußerst anregende und lehrreiche Lektüre, da Verfasser ständig bemüht ist, immer nur die allerwesentlichsten Züge der neuen Theorie möglichst scharf hervorzuheben und die zahlreichen extremen Folgerungen, die aus ihr gezogen worden sind und leider oft sogar in entstellter Form, in vielen populären Darstellungen einen breiten Raum einnehmen, vom Standpunkte ihrer logischen und physikalischen Zulässigkeit oder Notwendigkeit zu prüfen, um eine reinliche Scheidung zwischen naturwissenschaftlichem Denken und abstrakter Spekulation herbeizuführen.

Der Inhalt des Buches zerfällt, nach einer Einleitung, in der die Entwicklung der Physik in der vorrelativistischen Periode und das allmähliche Anwachsen der Überzeugung, daß die absolute Bewegung auch aus optischen Phänomenen niemals erschlossen werden kann, geschildert wird, in drei Abschnitte, von denen der erste die spezielle Relativitätstheorie, der zweite die Übergangszeit mit ihren verschiedenen Versuchen, das Gravitationsproblem zu lösen, und der dritte die allgemeine Relativitätstheorie behandelt.

Besonderes Interesse dürften die Überlegungen des Verfassers über die ausgezeichnete Stellung der Zeitkoordinate bei den allgemeinen vierdimensionalen Koordinatentransformationen und die Zulässigkeit der physikalischen Deutung des mathematisch definierten Begriffes der Eigenzeit (Uhrenparadox) beanspruchen, ferner ein Versuch, den einen Massenpunkt umgebenden nichteuklidischen dreidimensionalen Raum durch eine Verzerrung des euklidischen Raumes zu veranschaulichen, der Vergleich des Gravitationsfeldes eines materiellen Punktes mit dem zu ihm in gewissem Sinne reziproken einer punktförmigen elektrischen Ladung u. a. m.

In der heiklen Frage der Prüfung der Übereinstimmung der Relativitätstheorie mit der Erfahrung vertritt Verfasser die zweifellos sehr richtige Ansicht, daß diese nicht so sehr in einer restlosen Übereinstimmung der meisten an der Grenze des Meßbaren liegenden numerischen Werte der von der Ralativitätstheorie vorausgesagten Effekte mit den Ergebnissen der Experimente und Beobachtungen zu suchen ist, als vielmehr in dem außerordentlichen synthetischen Werte der Theorie, welche alle diese, auf den verschiedensten Gebieten der Physik verstreut liegenden Phänomene von einem einzigen, höchst allgemeinen Gesichtspunkte aus in ungezwungener Weise zu erklären gestattet.

E. v. d. PAHLEN, Berlin-Potsdam.

LODGE, SIR OLIVER, **Atoms and rays. An introduction to modern views on atomic structure and radiation.** London: Ernest Benn Ltd. 1924. IX, 208 S. Preis 21 sh. net.

Bei der sachlichen Beurteilung des Buches kommt alles darauf an, auf welchen Standpunkt man sich gegenüber einer gemeinverständlichen Darstellung stellen will. Verhältnismäßig günstig fällt das Urteil aus, wenn man daran festhält, 1. daß der Gegenstand viel eher mehr oder weniger falsch, aber leicht faßlich, als im allgemeinen richtig, aber gleichzeitig schwer verständlich dargestellt werden soll; 2. daß man in

weitestem Umfang darauf verzichtet, den Weg anzuzeigen, auf dem man zu den Resultaten gelangt ist; 3. daß man, indem man sich weislich darauf beschränkt, nicht zuviel zu besprechen, dasjenige, was man vorführt, in möglichst vielseitiger Weise beleuchtet und oft in verschiedenen Worten wiederholt. Im Vorwort bekennt sich der Verfasser zu dieser dritten Regel, und im Buche kommt das in hohem Maße zum Ausdruck, ja vielleicht in zu hohem Maße, denn wer nicht auf die genannte Regel eingestellt ist, fühlt sich beim Lesen hin und her geschleudert wie in einem Kahn auf stürmischem See, und es ist klar, daß er niemals einen einheitlichen Eindruck von den Grundgesetzen der Quantentheorie und von ihrer Anwendung auf das Wasserstoffatom bekommen kann. Der Umstand, daß mehrere der Kapitel schon früher als Zeitschriftartikel erschienen sind, trägt natürlich sehr dazu bei, den chaotischen Eindruck zu verstärken. Dieser Stil des ganzen Buches hat auch ein extremes Befolgen der ersten der obenerwähnten 3 Regeln mit sich gebracht. Diese Regel führt bekanntlich außerordentlich oft zu sehr schlimmen Resultaten, falls der Verfasser nicht selber in irgendeiner Weise am Aufrollen der Probleme beteiligt gewesen ist; aber auch in diesem Falle strandet er leicht auf den Sandbänken der Oberflächlichkeit, kaum daß er der Klippe der Einseitigkeit entronnen war, und gar zu leicht bekommt die Darstellung das Gepräge von universeller Unschärfe oder gar Unrichtigkeit. Nun weiß ich zwar, daß für den Laien die Lektüre trotzallem nicht weniger anziehend sein wird, aber es fällt dem Fachmann schwer, eine solche Darstellung als Einführung in moderne Ansichten zu empfehlen.

Endlich läßt sich noch darüber streiten, ob es ratsam sei, die zweite der genannten Regeln zu befolgen. Meines Erachtens tut man dem Wesen der Wissenschaft allzusehr unrecht, wenn man in einer längeren gemeinverständlichen Darstellung nicht im geringsten versucht, den Lesern Einblick in die Argumente und Methoden zu geben, die zu den erwähnten Resultaten geführt haben; denn die Resultate sind ja nur, um es ein wenig übertrieben auszudrücken, ein totes Schema von Worten, während Argumente und Methoden das Sachliche und Lebendige an jeder wissenschaftlichen Theorie sind. Es ließe sich so viel über diesen Punkt sagen, aber schweigen ist wohl besser, denn ich möchte hier nicht gern auf die grundsätzliche Frage der Popularisierung der Wissenschaft eingehen, weil das ja eine metawissenschaftliche Frage ist.

Zum Schluß möchte ich noch sagen, daß das vorliegende Buch nicht nur einen interessanten und fesselnden Einblick in gewisse Seiten des englischen Geistes, dem wir ja so überaus reichliche Beiträge zum Aufbau der modernen Atomtheorie verdanken, gewährt, sondern daß auch die schöne, und ich möchte fast sagen, typisch englische Ausstattung dem Werke zugute kommt. H. A. Kramers, Kopenhagen.

NEUBURGER, M. C., **Krystallbau und Röntgenstrahlen.** Mit besonderer Berücksichtigung der experimentellen Ergebnisse der Krystallstrukturforschung. Aus der Sammlung chemischer und chemisch-technischer Vorträge, herausgegeben von W. Herz, Breslau. Stuttgart: Ferd. Enke 1924. XXVII, 110 Seiten und 10 Abbildungen. 16 × 25 cm. Preis geh. 4 Goldmark.

Das Buch des Verfassers kann als eine kurze Zusammenstellung der Methoden und Ergebnisse der Röntgenstrahlenforschung der Krystalle und krystallinen Medien bezeichnet werden, wie sie in meisterhafter Form in dem fast gleichnamigen Buch von P. P. Ewald: Krystalle und Röntgenstrahlen (1923) bereits vorliegt. In der Einleitung werden die notwendigsten Angaben über die gebräuchlichen Röntgenverfahren gemacht. Ein Kapitel über Auswertung von Photogrammen enthält Hinweise darauf, wie die Deutung der Laue- und Debye-Scherrer-Diagramme graphisch und rechnerisch vor sich gehen könnte, ohne aber irgendwie originell zu sein. Weitere Kapitel enthalten eine allgemein gehaltene Übersicht über die Krystallgittertypen der chemischen Elemente und Verbindungen, die Mischkrystalle und Kolloide, die Erforschung der Anordnung von Krystallen in kristallinischen Massen, feste Lösungen, Ionengitter, Gitterenergie, Anwendungen der elektrostatischen Gittertheorie, Bedeutung der Gitterstrukturforschung für chemische Probleme, Röntgenspektren, periodisches System, Hafnium, Reststrahlen, Ferromagnetismus, „flüssige Krystalle". Den Schluß bildet eine Zusammenstellung der erforschten Krystallstrukturen und der Präzisionsmessungen von Netzebenenabständen mit Literaturverzeichnis, die in Anordnung und Art der Beschreibung der Zusammenstellung von P. P. Ewald in Landolt-Börnstein-Roth-Scheels' Physik.-chem. Tabellen, 5. Aufl. ähnlich ist.

Die Fülle des Stoffes auf ca. 72 Seiten Text, wobei noch viele Seiten mit Literaturzusammenstellungen ausgefüllt sind, zu behandeln, ist schwierig. So kann natürlich von einer einigermaßen erschöpfenden Darstellung nicht die Rede sein und auch das Gebrachte nur sehr oberflächlich behandelt werden, zumal eine kritische Einstellung des Verfassers auf Grund einer genauen Durchdringung der Probleme, welche z. B. das Ewaldsche Buch so auszeichnet, im vorliegenden Falle nicht zu erkennen ist. Das Buch erscheint infolgedessen mehr als eine lose Aneinanderreihung von Tatsachen als eine kritische Einführung in das interessante Gebiet der Krystallstrukturforschung. Außer einer strengeren Auswahl des Stoffes und Scheidung des Wesentlichen vom Unwesentlichen hätte auch die Darstellung und Gliederung des Stoffes übersichtlicher sein können, was zum mindesten durch Einfügung besonderer Überschriften der in nur losem Zusammenhange stehenden Kapitel zu erreichen war, damit der Laie nicht von der Fülle des Stoffes überwältigt wird. Auch sonst leidet die Darstellung dadurch, daß das Buch ganz auf den Veröffentlichungen in der Literatur beruht, an Originalität und ist manchmal sehr unklar, hauptsächlich in den Kapiteln über die Röntgenmethodik. So ist der Satz: „Für die Strukturbestimmung von Krystallen hat das Laueverfahren einige Vorzüge vor dem Braggschen Verfahren" (S. 5) ohne nähere Ausführung unverständlich, da bisher aus der Literatur gerade das Gegenteil bekannt ist. Wenn es an anderer Stelle heißt: „Durch Drehung des Krystalles — ‚Drehkrystallmethode' — erhält man alle Spektrallinien, wodurch gerade dieses Verfahren besonders zu Präzisionsmessungen der Wellenlängen geeignet ist" (S. 5); so ist es dem Leser gewiß nicht ohne weiteres verständlich, was die „Drehung" mit der Präzision der Messungen zu tun hat, wenn er nicht über den Braggschen Fokussierungseffekt unterrichtet ist. Daß dem Verfasser das Wesen der „Drehkrystallmethode" nicht völlig klar ist, erkennt man auch aus dem Satz: „Ein wesentlicher Vorteil dieser ‚Drehspektrogramme' liegt in der Verwendbarkeit von kleinen Krystallen, die nur einen kleinen Teil mit normalem Gitter zu besitzen brauchen" (S. 10). Ein mit der Materie nicht näher vertrauter Leser dürfte somit aus dieser Darstellung kein klares Bild über die röntgenographischen Untersuchungsmethoden gewinnen. Im übrigen soll gern

anerkannt werden, daß der Verfasser sich bemüht hat, auch die neuesten Ergebnisse der Forschung wiederzugeben und vor allem bestrebt ist, die große Bedeutung der Krystallstrukturforschung für die Chemie dem Verständnis weiterer Kreise nahezubringen. Freilich mit den Werken ähnlichen Inhalts, wie etwa das Buch von EWALD oder die Spektroskopie der Röntgenstrahlen von SIEGBAHN, kann sich das vorliegende Buch nicht messen. E. SCHIEBOLD, Berlin.

CZOCHRALSKI, J., **Moderne Metallkunde in Theorie und Praxis.** Berlin: Julius Springer 1924. I, 292 Seiten u. 298 Textabbildungen. Preis geb. 12 Goldmark.

Der erste Eindruck, den man beim Durchblättern dieses Buches erhält, ist der einer ausgezeichneten Ausführung der den Grundstock jeder metallographischen Darstellung bildenden Photogramme, die sowohl auf eine sorgfältige Vorbereitung seitens des Verfassers, als auch auf die ausgezeichnete Reproduktion zurückzuführen ist. Im Zusammenhang mit der Auswahl des Stoffes wird es schon dadurch ganz außerordentlich belehrend.

Der zweite Eindruck beim Lesen des Buches ist der durchaus persönliche Charakter der Darstellung. Der Verfasser steht seit Jahren im Mittelpunkt der metallographischen Technik und Forschung und ist vor allen Dingen dafür bekannt, daß er stets über das Praktische hinaus mit lebhaftem Interesse den Blick auf das Wissenschaftliche und Prinzipielle richtet. Er hat in den letzten Jahrzehnt eine heiß umstrittene Theorie der Kaltreckungs- und Verfestigungsvorgänge in den Metallen — die Verlagerungstheorie — entwickelt. So ist beinahe jede behandelte Frage für ihn ein persönliches Erlebnis, und entsprechend ursprünglich und originell ist auch die Darstellung.

Das Buch von CZOCHRALSKI hat einen zwiefachen Charakter. Einerseits ist es sein metallographisches Bekenntnis, die Darstellung in breiterem Rahmen und im Zusammenhange der Früchte seiner Forschungen, die er in zahlreichen Arbeiten niedergelegt hat. Zweitens ist es ein Buch, von einem Praktiker für den Praktiker geschrieben, das diesem in einer ihm zugänglichen Form das Eindringen in die Metallographie erleichtern und ihn mit der Beurteilung und Behandlung der metallographischen Fragen in der Praxis vertraut machen soll.

Man beklagt sich immer und immer wieder, und zwar mit Recht über die Lücken, die zwischen dem Verbraucher der Metalle, dem Ingenieur und dem Hersteller der Metalle, dem Metallfachmann, klafft. Beide verstehen sich oft gar nicht. Es gibt viele Versuche, diese Lücken zu schließen, die jedoch meist als mißglückt zu betrachten sind. Die Verff. stehen eben selbst entweder auf der einen, oder auf der anderen Seite der Lücke, und entweder ist der wissenschaftliche Teil der Darstellung abgeschrieben und wertlos, oder der Anschluß an die Praxis ist rein äußerlich und oberflächlich. Der Verfasser des vorliegenden Buches, der selbst aus der Praxis an die wissenschaftliche Metallographie herangetreten ist, greift die Frage gleich ganz anders an. Für ihn sind beide Seiten des Problems gleich lebendig, und er versteht es, sie zu einem einheitlichen Ganzen zu verbinden. So wird der Praktiker im Buche viel Belehrung finden, weil es eine ihm vertraute Fragestellung, die dann mehr ins Wissenschaftliche fortgesponnen wird, bringt.

Auch die starke Durchsetzung des Inhaltes mit den teilweise stark umstrittenen Anschauungen des Verf.s macht die Darstellung besonders lebhaft. Jedoch muß der Praktiker, der das Buch in die Hand nimmt, davor gewarnt werden, dem Hypothetischen dasselbe Gewicht beizulegen, wie dem Tatsächlichen. Auch erschwert die Hereintragung schwieriger hypothetischer Gesichtspunkte das Verständnis nicht unwesentlich. Die Betonung dieser theoretischen Anschauungen stempelt das Buch andererseits zu einer wissenschaftlichen Monographie.

Das Buch zerfällt in 2 Teile: A. Gefügeaufbau und B. Technologie der durch Kneten bearbeiteten Metalle. Die ersten 3 Kapitel des Teiles A. behandeln die Konstitution der binaren Legierungen (I. Grundregeln der Phasenlehre. II. Hauptarten der Erstarrungsdiagramme binärer Legierungen. III. Erstarrungsdiagramme technischer Legierungen). Die Darstellung ist recht knapp. Außerdem soll sie elementar sein. Deshalb scheint der verhältnismäßig breite Raum, der der Ableitung der Strukturtypen auf Grund der Phasenregel gegeben wird, überflüssig. Der Leser, der die Phasenregel nicht kennt, wird mit ihr in dieser kurzen Darstellung doch nicht vertraut werden. Wichtiger als die *Ableitung* der Diagramme wären für die Praktiker ausführlichere Anweisungen zum *Lesen* der Diagramme. Das ist der einzige Teil des Buches, der keinen Anspruch auf Originalität erhebt.

Die folgenden Kapitel (IV. Hauptarten der Ätzerscheinungen und die metallographischen Ätzverfahren V. Der Gefügeaufbau und seine Bedeutung für den Gießereibetrieb) gehören zu den besten im ganzen Buche. Besonders wertvoll ist die sehr bequeme auf der eigenen Erfahrung des Verf.s fußende Zusammenstellung der Ätzverfahren.

Der Teil B. (VI. Krystallographische Erfahrungen an kaltgereckten Metallen. VII. Rekrystallisationsdiagramme. VIII. Vorgänge bei der Rekrystallisation. IX. Verlagerungshypothese und Röntgenforschung. X. Grundlagen der Verfestigungsvorgänge. XI. Kräftemechanik. XII. Die inneren Fließvorgänge und ihre Bedeutung für die Knetbearbeitung der Metalle in Betrieben) bringt neben dem technologischen wichtigsten Stoff in Kap. IX und X auch das meiste theoretisch-hypothetische Material. Das Kapitel über die Röntgenforschung ist nicht überzeugend. Der prinzipielle Gegensatz, der zwischen der LAUE- und der DEBYE-SCHERRER-Methode konstruiert wird, ist unverständlich. Es ist auch nicht richtig, daß beide Methoden in Anwendung auf die Fragen der Kaltreckung zu entgegengesetzten Resultaten führen: Beide zeigen im Gegenteil, daß das Raumgitter zugleich mit der Entstehung kontinuierlicher Lagenübergänge seine Parameter behält. Das wird auch durch keines der von dem Verf. gebrachten Bilder widerlegt, die man übrigens ohne Rechnung gar nicht präzise diskutieren kann.

Der oben geschilderte Charakter des Buches macht es für den Fachmann und den der Metallographie fernerstehenden gleich lehrreich. Es wird insbesondere auch erleichtern, die Brücke von den metallographischen Erfahrungen zu den verwandten Erfahrungen der Geologie und krystallographischen Tektonik zu schlagen.

G. MASING, Berlin.

SCHNEIDER, HANS, **Die botanische Mikrotechnik.** Ein Handbuch der mikroskopischen Arbeitsverfahren. Zweite Auflage des gleichnamigen Werkes von A. ZIMMERMANN. Jena: Gustav Fischer 1922. XII, 458 S. und 220 Textfig. Preis geb. 10 Goldmark.

Aus dem vielerprobten Buche ZIMMERMANNS ist etwas anderes, ein neues Buch geworden, wofür der Autor seine volle Verantwortung betont. Dem ungeheueren Anwachsen des Materials entsprechend mußte es so sein. Dem unentbehrlichen einleitenden Kapitel über die Handhabung des Mikroskopes folgt zunächst eine Abteilung allgemeiner Mikrotechnik. Es erscheint

erfreulich, wenn die Freihandtechnik (Freihandschnitte, Lebendbeobachtung u. a.) schon durch Vorwegnahme bei der Darstellung vor den Fixierungs- und Mikrotomverfahren ihre notwendige Betonung erhält. Sie wird trotz des Fortschrittes der letzteren stets unersetzbar bleiben, und dem Anfänger, der sich an Hand des Buches einarbeiten will, werden die vorangestellten Kapitel besonders nützlich sein. Einen breiten Raum nimmt die zweite Abteilung mit den wichtigsten qualitativ-mikrochemischen Verfahren zum Nachweis von Pflanzenstoffen ein im engen Anschluß an die Mikrochemie von MOLISCH, diese nicht ersetzend, wohl aber in gedrängter Form das Wesentliche und Nötige zusammenstellend, an Hand sehr guter Abbildungen, die vielfach dem Buche von MOLISCH entnommen sind. Nur bei wenigen für das Pflanzenreich wichtigen Stofen finden wir eine eingehendere Behandlung als in den anderen Büchern, so über die Chlorophylle. Gerbstoffe u. a. Es folgen die spezielleren Abteilungen über Zellwand, den Protoplasten und seine Einschlüsse, wie Zellkern, Chromatophoren usw. Als letzte Abteilung sind besondere Methoden zur Untersuchung von Vertretern der verschiedenen Pflanzengruppen, die wichtigsten Kulturverfahren zusammengestellt. Zwei sorgfältige Register, ein allgemeines und eines der Objekte, sind beigefügt.

Auf Einzelheiten soll hier nicht eingegangen werden. Man findet wirklich für alle Untersuchungsfragen einschlägige Angaben oder Hinweise auf verwertbare Literatur. Gerade die auf gedrängtestem Raume erreichte Vielseitigkeit sei hervorgehoben, die eine Verbindung des wesentlichsten Inhaltes der Bücher von MOLISCH, von KÜSTERS Kultur der Mikroorganismen und zum Teil von STRASBURGER-KOERNICKES bekanntem Praktikum erreicht. Dieser wertvollen Vollständigkeit steht im Vergleich mit der 1. Auflage ZIMMERMANNS ein Nachteil gegenüber, dessen Verf. sich bewußt ist. Bei einer solchen Menge des Gebotenen ist es selbstverständlich, daß viele der Verfahren vom Verf. nicht überprüft sind. Ich möchte nur auf die mir besonders naheliegenden Angaben des letzten Kapitels der Kulturverfahren hinweisen, besonders der Mikroorganismen, wo manches noch sehr unsicher, viele Methoden noch sehr vom „Zufall" abhängig sind. Ob es nicht an manchen Stellen den Bedürfnissen des Buches entspräche, Geprüftes, Sicheres, wo wir uns der Erfahrung des Verf. ruhig anvertrauen dürfen, und aus der Literatur entnommene Angaben schärfer zu bezeichnen und auseinanderzuhalten. In künftigen Auflagen, die dem wertvollen Buche sicher sind, werden sich die vom Verf. überprüften Methoden von selbst mehren. Ein scharfes Hervorheben der sicher zum Ziele führenden Angaben wären dann nach meiner Meinung sehr wertvoll.

FRITZ V. WETTSTEIN, Berlin-Dahlem.

POTONIÉ, H., **Taschenatlas zur Flora von Nord- und Mitteldeutschland.** Überarbeitet von R. POTONIÉ. 7. Aufl. 409 S. Jena, Gustav Fischer, 1923. Preis 6,50 Goldmark.

Der treffliche Taschenatlas der Flora von Nord- und Mitteldeutschland iegt nulnmehr in 7. Auflage vor, und zwar hat R. POTONIÉ, der Sohn des inzwischen verstorbenen Verf., die Herausgabe besorgt. Das Bändchen, das in über 1000 schwarzen Einzelbildern den Habitus der nord- und mitteldeutschen Pflanzen sehr gut wiedergibt, ist im wesentlichen unverändert; nur da und dort sind einige Formen nachgetragen. Zu begrüßen ist, daß nun überall den lateinischen Artbestimmungen die deutschen Namen beigefügt sind und ferner eine Angabe über die Farbe der Blüten bzw. Hochblätter, wodurch der Mangel an Farben einigermaßen behoben wird. Der Taschenatlas wird allenthalben als Ergänzung der zumeist ja nicht illustrierten Floren gute Dienste leisten. P. STARK, Freiburg i. Br.

BOAS, F., und F. MERKENSCHLAGER, **Die Lupine als Objekt der Pflanzenforschung.** Berlin, P. Parey, 1923. VIII, 144 S. und 63 Abbildungen. 15 × 23 cm. Preis 7 Goldmark.

Eine Monographie der Lupine muß sowohl in der landwirtschaftlichen Praxis wie bei der Pflanzenforschung Interesse hervorrufen. Der Anbau dieser verhältnismäßig bedürfnislosen, eiweißreichen Pflanze gewinnt mit Recht immer mehr an Ausdehnung; die Lupine scheint berufen zu sein, eine wichtige Rolle bei unserer Eiweißversorgung zu spielen. Weiter zeigt sie eine Reihe botanisch interessanter Eigenschaften, wie Kalkempfindlichkeit, das Vermögen schwerlösliche Bodennährstoffe aufzuschließen u. a. Die Verfasser berücksichtigen in erster Linie die wissenschaftlichen Probleme; sie behandeln Morphologie, Anatomie, Physiologie und Pathologie der gelben Lupine und streifen nur kurz die Fragen des Lupinenanbaus. Die Deutungsversuche verschiedener Autoren die Kalkfeindlichkeit der Lupine betreffend werden eingehend behandelt und mit Nachdruck die Hypothese der Verfasser verfochten, daß es sich hier um eine Störung des Eiweiß-Stoffwechsels unter dem Einfluß des Kalkes handelt, um eine Anhäufung von Aminosäuren bei gleichzeitiger Armut an beweglichen Kohlenhydraten. Noch stehen wir mitten in den Forschungen, es fehlt die Distanz zu den Ergebnissen, die Abhandlung stellt dementsprechend eine Epoche in der Verfolgung dieser Fragen dar, nicht aber deren Schlußstein. Sie kann sowohl dem Landwirt wie besonders dem Naturwissenschaftler zum Studium empfohlen werden.

M. v. WRANGELL, Hohenheim.

SCHÖNICHEN, W., **Mikroskopische Untersuchungen zur Biologie der Samen und Früchte.** Freiburg i. Br., Theodor Fisher, 1923. 48 S. und 95 Abbildungen.

Das kleine Heftchen gibt eine kurze Anleitung zur Untersuchung von Samen und Früchten, und es sollen im besonderen die Zusammenhänge zwischen der anatomischen Struktur und der Verbreitungsweise aufgedeckt werden. Die Besprechung beginnt mit der Verbreitung durch den Wind (anemochore Gewächse). Körnchenflieger, Blasenflieger, Napfflieger, Schirmflieger, Scheibendrehflieger, Plattendrehflieger und Walzendrehflieger werden durch einzelne Beispiele belegt und weitere Vertreter zu eigener Untersuchung namhaft gemacht. Daran schließt sich die Verbreitung durch das Wasser (hydrochore Gewächse), die Verbreitung durch Tiere (zoochore Gewächse) und schließlich die Verbreitung durch eigene Kräfte (autochore Gewächse). Entsprechend ihrem häufigen Auftreten wird die zoochore Verbreitung am ausführlichsten behandelt: die epizoische Verbreitung durch Klebund Klettvorrichtungen, die endozoische Verbreitung durch Beeren usw. und die synzoische Verbreitung, bei der Samen und Früchte aktiv von den Tieren verschleppt werden. Überall werden die behandelten Fälle durch instruktive, etwas schematische Zeichnungen belegt. Das Bändchen, in dem absichtlich alle Angaben so gehalten sind, daß mit möglichst einfachem technischen Apparat gearbeitet werden kann, wird sowohl beim Schulunterricht wie auch beim Selbstunterricht gute Dienste leisten. P. STARK, Freiburg i. Br.

Herausgeber und verantwortlicher Schriftleiter: Dr.-Ing. e. h. DR. ARNOLD BERLINER, Berlin W 9.
Verlag von Julius Springer in Berlin W 9. — Druck der Spamerschen Buchdruckerei in Leipzig.